24

Extrait des „Archives Néerlandaises", T. IV. 1869.

SUR LES MATIÈRES ALBUMINEUSES DU SANG,

PAR

A. HEYNSIUS.

En étudiant, vers la fin de 1867, avec un de mes élèves, M. Munnich, la matière colorante du sang [1]), mon attention fut

[1]) Les résultats de cette étude ont été communiqués dans la Dissertation de M. Munnich: *Over de bloedkleurstof*, Leyde, 12 mars 1868. M. Munnich a fait voir, entre autres, que l'hémoglobine peut être reconstituée après que, sous l'influence d'acides faibles et surtout de l'acide carbonique, elle a été altérée assez profondément pour que le spectroscope n'en montre plus aucune trace. En ajoutant de l'ammoniaque, il vit les deux bandes d'absorption réapparaître plus ou moins distinctement; et lorsque le liquide était mêlé préalablement avec une substance réductrice (par ex. avec la liqueur réductrice de Stokes) et ensuite agité avec de l'air, les deux bandes d'absorption reprenaient toute leur intensité.

M. Munnich a aussi déterminé exactement la partie du spectre où se montrent les bandes d'absorption de l'hémoglobine et de ses produits de décomposition (hémoglobine réduite; hématine acide, alcaline et réduite). Il a reconnu que la bande dite de l'hématine acide n'a pas de place fixe dans le spectre. Pour les autres bandes la position a été trouvée constante, à condition qu'on emploie toujours des solutions du même degré de concentration. Les résultats obtenus à cet égard par M. Munnich s'éloignent, sous plus d'un rapport, de ceux d'autres auteurs; mais j'ai vu avec plaisir qu'ils s'accordent entièrement avec ceux que M. Preyer a publiés dernièrement dans l'*Archiv für Physiologie* de Pflüger. M. Preyer a aussi observé la reconstitution de l'hémoglobine qui avait été transformée, par l'acide sulfhydrique et l'ammoniaque, en hématine réduite.

Les différences que M. Munnich signale dans l'action de l'acide carbonique, suivant qu'on opère sur des dissolutions de sang plus ou moins concentrées ou sur du sang mélangé avec du sérum, sont en parfait accord avec les résultats de M. Pflüger (*Arch. für Phys.*, 1868, p. 79).

vivement attirée par une circonstance spéciale. Du sang de Cavia cobaya avait été reçu, directement au sortir des vaisseaux, dans une dissolution étendue de chlorure de sodium. Le lendemain, les corpuscules sanguins étaient entièrement déposés au fond du vase, et le liquide limpide qui les recouvrait ne s'était pas coagulé. Lorsqu'on satura le liquide de sel marin, il se sépara des filaments fins, qui se réunirent à la surface en une masse difficilement soluble. Le même phénomène fut observé en répétant l'expérience avec du sang de chien, mais dans ce cas nous vîmes, en outre, qu'après la séparation des filaments il se déposait encore, lorsque la liqueur était complétement saturée, une matière floconneuse, qui, dissoute dans une dissolution étendue de chlorure de sodium, se coagulait spontanément.

J'engageai mon aide d'alors, M. van der Horst, à entreprendre quelques recherches sur l'origine de cette substance, recherches qui s'étendirent peu à peu à toutes les matières albumineuses du sang. Les premiers résultats obtenus ont été communiqués dans la Dissertation de M. van der Horst [1]; mais, comme ils se trouvent dans un rapport immédiat avec mes recherches postérieures, je les mentionnerai ici succinctement. L'auteur traite dans sa dissertation: 1° des matières albumineuses du stroma des corpuscules du sang, 2° des matières albumineuses du plasma du sang.

Au sujet des matières albumineuses du stroma, voici ce qu'il rapporte. Les traités de chimie physiologique n'indiquent guère d'autres éléments dans les corpuscules du sang que l'hémoglobine et la lécithine. M. Hoppe-Seyler, seulement, a émis l'idée que la lécithine pourrait être combinée dans les corpuscules sanguins à une matière albumineuse, tout comme la vitelline dans le jaune d'œuf, et M. Kühne dit dans son Traité que le stroma contient de la paraglobuline. Cette opinion s'appuie surtout, à ce qu'il paraît, sur les propriétés fibrino-plastiques des corpuscules sanguins; or, quelque valeur que l'on veuille attacher à l'hypothèse de M. Schmidt concernant la formation de la fibrine, ce n'est

---

[1]) *Over de eiwitachtige stoffen van het bloed*, Leyde, 29 mai 1868.

pourtant jusqu'ici qu'une hypothèse. Si c'est un fait bien établi, que la globuline séparée du sérum du sang par l'acide carbonique peut provoquer la coagulation dans des exsudats, il n'est certainement pas démontré que la séparation de la fibrine résulte de la réunion de la substance fibrinogène et de la substance fibrino-plastique. M. Kühne ajoute toutefois, que la globuline peut être isolée, suivant le procédé de M. Hoppe-Seyler, en mêlant du sang défibriné avec 10 fois son volume d'une dissolution de sel marin à 3 p. c., lavant à plusieurs reprises avec la dissolution saline les corpuscules sanguins qui se sont déposés, puis les dissolvant dans l'eau. De cette manière, il se formerait une masse gélatineuse, qui, purifiée par l'agitation avec l'eau et avec l'éther, pourrait être rassemblée sur le filtre et serait, entre autres, très facilement soluble dans les dissolutions salines. Il est vrai que M. Hoppe-Seyler donne ces indications dans son Traité [1]), mais, dans une communication postérieure [2]), il ne parle que de „fibrine" et de „matières albumineuses coagulées", par conséquent de substances en tout cas difficilement solubles. C'est avec ce dernier résultat que s'accordent les observations de M. van der Horst.

Il est facile de constater, au moins dans certaines espèces de sang, que des corps albumineux entrent pour une proportion assez notable dans la composition du stroma. Les dissolutions de chlorure de sodium, même de force médiocre, extraient du stroma des corpuscules sanguins une matière albumineuse, que l'on précipite par la saturation complète de la liqueur. Des dissolutions plus concentrées nous permettent d'isoler une plus grande quantité de cette substance du stroma des corpuscules. M. Denis a fait connaître ce fait dès 1842, et y est ensuite revenu à différentes reprises [3]). La forme assez insolite dans laquelle il produisit

[1]) *Handbuch der Physiologisch- und Pathologisch-Chemischen Analyse,* 1865, p. 305.

[2]) *Medicinisch-Chemische Untersuchungen*, 1866, fasc. 2.

[3]) Après que M. Denis eut reçu de l'Académie de Paris, en 1843, le prix Monthyon pour ses *Études chimiques, physiologiques et médicales, faites de* 1835 *à* 1840 *sur les matières albumineuses*, il continua ses recherches et en communiqua les résultats dans un mémoire de l'année 1856, *Nouvelles études chimiques*,

ses résultats a probablement été la cause que ceux-ci ont été mal compris ou que, du moins, on n'en a pas tenu un compte suffisant. Pour isoler la matière albumineuse en question, M. Denis conseille de mêler du sang humain défibriné avec son volume d'eau salée au tiers (mélange de 1 partie d'une dissolution concentrée de sel marin et de 2 parties d'eau). Au bout d'un certain temps (6—12 heures), le liquide devient plus ou moins gélatineux.

Si alors on porte cette masse gélatineuse dans une grande quantité d'eau, l'hémoglobine s'y dissout, tandis que le stroma se sépare à l'état solide, sous forme de pellicules et de filaments qu'on peut décolorer en renouvelant fréquemment l'eau. Avec du sang d'oiseau l'expérience réussit encore beaucoup mieux.

M. van der Horst, en répétant les expériences de M. Denis, les trouva pleinement confirmées. Il vit le sang de poulet, traité par la dissolution de sel marin que M. Denis avait indiquée, devenir très gélatineux. La suite du procédé fut modifiée en ce sens, qu'au lieu de mêler cette gelée avec de grandes quantités d'eau, on la laissa couler goutte à goutte dans l'eau distillée. Chaque goutte se coagule alors immédiatement en arrivant dans l'eau, et tombe au fond, ou bien forme un sac, comme M. Kühne l'indique pour la myosine. Si, à l'aide d'une pipette, on porte la masse pâteuse au fond du vase, elle s'élève au milieu de l'eau sous forme de baguette et ne tarde pas à se décolorer. Si on la laisse couler en plus grande quantité dans l'eau, après avoir emprisonné par l'agitation des bulles d'air dans la masse, elle gagne d'abord le fond, mais bientôt elle remonte, à peu près décolorée et sous des formes élégantes, tandis que l'hémoglobine se dissout dans l'eau qui occupe la partie inférieure du vase.

Par cette méthode, M. van der Horst a pu opérer la séparation non-seulement sur les corpuscules à noyau du sang de poulet,

---

physiologiques et médicales etc., et finalement dans un autre de 1859, *Mémoire sur le sang*. Sur le titre de son mémoire de 1856 il spécifie son travail de cette manière: „Études faites en suivant la méthode d'expérimentation par les sels, la seule qui, dans l'état actuel de la science, semble pouvoir être appliquée avec fruit à des recherches sur ces substances."

mais aussi sur ceux du chien et d'autres mammifères; il s'est assuré, en outre, que le phénomène ne dépend pas du sérum.

En poursuivant l'étude de la substance isolée, il reconnut qu'immédiatement après sa séparation elle est un peu soluble dans une dissolution de sel marin à 10 p. c. Lorsque les flocons restent en contact avec l'eau distillée, ils perdent peu à peu leur solubilité; la précipitation par une dissolution de sel marin concentrée les rend également insolubles dans une dissolution étendue.

Versée goutte à goutte dans l'acide chlorhydrique à 1 millième, la masse gélatineuse se coagule fortement, mais finit par se dissoudre peu à peu. Dans la potasse très étendue elle se coagule également, mais se redissout très rapidement. Elle offre du reste tous les caractères des matières albumineuses. Chauffée avec la potasse sur une lame d'argent, elle donne la réaction du soufre. L'alcool absolu n'en extrait aucun principe qui soit précipité par un refroidissement à — 7°, et l'éther n'en dissout aussi qu'une petite partie.

Sous le microscope, après addition d'iode, on observe çà et là une coloration bleue, qui indique la cholestérine.

La matière ne donne pas la réaction du sucre après avoir été chauffée avec l'acide sulfurique étendu.

M. van der Horst est amené à conclure qu'on peut séparer du stroma des corpuscules du sang une substance qui d'abord forme, avec une dissolution de sel marin de concentration moyenne, une solution filtrable, mais qui après sa séparation perd graduellement sa solubilité. Elle se rapproche beaucoup de la myosine sous maint rapport; toutefois, dès l'origine, sa solubilité est moindre. Il est vrai que la myosine possède aussi une solubilité très variable, et qu'elle se dissout beaucoup plus difficilement après être restée quelque temps en contact avec l'eau. La substance se distingue de la vitelline par son insolubilité complète dans l'eau.

C'est avec la fibrine qu'elle a le plus d'analogie. La solubilité de cette dernière, comme M. Denis l'avait déjà remarqué, est aussi très variable. Tandis que la fibrine obtenue par le battage est à peu près insoluble dans des dissolutions de sel à 5—10 p. c., la

fibrine du caillot s'y dissout en grande partie. Avec une pareille dissolution M. van der Horst a réussi à obtenir, au moyen de l'eau distillée, une séparation sous forme de petites pellicules, tout comme avec le stroma des corpuscules sanguins; la dissolution précipitait d'ailleurs aussi quand on venait à la saturer. La substance dont nous nous occupons décompose le peroxyde d'hydrogène, exactement comme la fibrine fraîchement préparée.

A l'égard des matières albumineuses du plasma du sang, voici ce qui résulte des observations de M. van der Horst.

M. Panum [1]) a vu le premier, comme on sait, qu'en neutralisant avec précaution par un acide faible (acide carbonique, acide acétique) du sérum étendu d'eau, on en précipite une matière albumineuse, à laquelle il a donné le nom de séro-caséine. Postérieurement, M. A. Schmidt [2]) trouva que ce précipité possède des propriétés fibrino-plastiques, et, par ce motif surtout, il distingua nettement cette matière, la globuline, de la caséine avec laquelle elle s'accorde d'ailleurs complétement. M. Kühne laisse indécis si le précipité obtenu par l'acide carbonique se compose exclusivement de substance fibrino-plastique (la paraglobuline de Kühne), ou s'il contient aussi, comme le cristallin, de la globuline inactive. Du reste, ce savant admet que le sérum renferme, outre la globuline, de l'albuminate de soude, qui ne se laisse précipiter que par l'acide acétique.

M. van der Horst est porté à croire, de même que M. Brücke [3]), que la substance fibrino-plastique est entraînée tout à fait mécaniquement par la globuline. Il a vu l'albuminate de potasse, préparé de la manière ordinaire et dissous dans l'eau, précipiter par l'acide carbonique; et la formation d'un précipité par l'acide acétique, dans du sérum étendu et préalablement débarrassé de la globuline par l'acide carbonique, est due selon lui à la présence des phosphates, qui retenaient une partie de la globuline en dis-

---

1) *Archiv f. pathologische Anatomie*, t. III, p. 251.

2) Reichert's *und* Du Bois-Reymond's *Archiv*, 1862.

3) *Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien*, 1867, t. LV, p. 881.

solution, comme M. Rollett [1]) l'a déjà établi pour le lait. D'après cela, le sérum du sang ne contiendrait, outre la séro-albumine, laquelle se coagule à 73°, que de l'albuminate de soude, dont la précipitation s'accompagnerait de celle de la substance fibrinoplastique.

L'albuminate de potasse n'est pas seulement précipité par les acides, mais aussi par les dissolutions salines concentrées. Ayant appliqué ce moyen au sérum, M. van der Horst observa, chez des animaux différents, une différence remarquable. Chez le veau, la saturation par le sel marin ne donne qu'un précipité insignifiant, tandis que chez la vache elle provoque un précipité abondant. Le phénomène est surtout frappant lorsque le sérum n'a pas été étendu préalablement. La différence est si grande, qu'en laissant tomber goutte à goutte du sérum dans une dissolution concentrée de sel marin, on peut reconnaître immédiatement si le sérum provient de sang de vache ou de sang de veau. Précipitée de cette manière la substance est insoluble dans l'eau, mais elle se dissout facilement dans les dissolutions salines étendues, ainsi que dans l'acide acétique et chlorhydrique étendus.

La quantité de cette substance, séparée par le sel marin du sérum de vache, est beaucoup plus grande que celle du précipité auquel donne lieu l'acide acétique après que la globuline a été éloignée par l'acide carbonique; en outre, quand la neutralisation par l'acide acétique est faite avec précaution, on n'observe aucune différence tant soit peu notable dans les différentes espèces de sérum.

M. van der Horst n'a pu décider si ce phénomène se trouve en connexion avec le développement de l'organisme, ou s'il dépend simplement de la nourriture (tous les veaux étaient au régime du lait). Dans le sérum d'un cheval adulte et dans celui du chien il n'a trouvé que très peu de la substance en question; dans celui du poulet, au contraire, il l'a rencontrée en grande quantité.

Outre ces éléments du sérum, on trouve encore dans le plasma la fibrine ou son générateur. Pour isoler ce principe, M. van der

---

[1]) *Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien*, 1860, t. XXXIX, p. 547.

Horst reçut le sang, à l'exemple de M. Denis, dans des dissolutions de sel. S'étant assuré que même les dissolutions faibles enlèvent toujours un peu d'albumine au stroma des corpuscules sanguins, il chercha à déterminer le minimum de concentration qui empêche encore la coagulation du sang. A la température de 0°, le sang resta liquide dans dix fois son volume d'une dissolution de Cl Na à 4 p. c.; à une température supérieure, il fallait des dissolutions plus riches en sel. Les corpuscules se déposèrent facilement; le liquide clair fut séparé à l'aide d'une pipette.

Si l'on introduit dans ce liquide du sel marin en poudre, on voit, à mesure que la saturation fait des progrès, des fibres fines se déposer sur les grains de sel, puis monter à la surface avec les bulles d'air qui se dégagent du sel, et s'y rassembler en une masse écumeuse, visqueuse, blanche. Ce n'est que lorsque le liquide approche de la saturation, qu'il se sépare des flocons, qui, après être restés quelque temps en suspension, finissent par tomber au fond du vase.

M. Denis regardait tout ce qui est précipité par le sel marin comme une seule et même substance, la plasmine. D'après M. van der Horst, les flocons, qui se déposent en majeure partie au fond du liquide, renferment les principes générateurs de la fibrine. Quant à la masse qui se sépare en premier lieu, qui s'élève à la surface, et qui est tantôt plus tantôt moins abondante, M. van der Horst la déduit d'éléments cellulaires qui nageaient dans le liquide. En effet, la liqueur incolore qu'on obtient en recueillant le sang comme il a été dit, est toujours opalescente, ce qui provient certainement, en partie, de la présence de petits corpuscules incolores et ratatinés.

M. van der Horst essaya de séparer ces corpuscules par filtration, ce qui réussit effectivement avec du papier à filtre fin, et dans ces conditions il crut constater que le liquide avait perdu une partie notable de son aptitude à la coagulation.

Ces observations conduisaient à se demander si l'origine de la substance mère de la fibrine ne devait pas être cherchée, en partie, dans le stroma des corpuscules sanguins.

L'opinion que la substance fibrinogène provient des tissus peut s'étayer, il est vrai, d'un argument positif, savoir l'expérience de M. Schmidt [1]), dans laquelle du sang défibriné, introduit dans le cœur encore actif d'une tortue, fut trouvé, après quelque temps, contenir de nouveau de la matière fibrinogéne. Mais cette expérience n'a été faite qu'une seule fois, et a besoin par conséquent d'être confirmée. D'ailleurs, quand même le fait serait prouvé, il n'en résulterait pas encore que les tissus dussent être regardés comme la source unique de la fibrine.

M. van der Horst a fait différentes observations qui tendraient à appuyer l'opinion que la matière albumineuse du stroma des corpuscules sanguins contribue à la formation de la fibrine. Voici les arguments qu'il invoque:

1°. Dans du sang parfaitement défibriné on remarque souvent, après 24 heures de repos, des flocons gélatineux.

2°. Dans du sang défibriné et étendu, l'acide carbonique donne un précipité qui se compose de globuline et du stroma des corpuscules sanguins. Ce précipité se dissout facilement dans le phosphate de soude et dans l'ammoniaque, et de cette solution, surtout après qu'elle a été échauffée à 40°, il se sépare des flocons agglutinés.

3°. Lorsqu'on mêle du sang de poulet défibriné avec une dissolution contenant 5 p. c. de phosphate de soude ordinaire (PO_5 2 NaO HO), les corpuscules sanguins tombent an fond. Si alors on mêle ces corpuscules avec une solution de sel marin à 5 p. c., on les voit peu à peu, non-seulement s'agglutiner entre eux, mais aussi se coller aux parois du verre, et pendant que le caillot ainsi formé se contracte, un liquide incolore s'en sépare. Par l'examen microscopique on s'assure aisément que le caillot ne consiste qu'en corpuscules gonflés.

4°. Lorsqu'on échauffe à 40°, avec quelques gouttes de phosphate de soude ordinaire, du sang de poulet défibriné, il se sépare une quantité considérable d'une matière blanche, gélati-

---

[1]) *Hämatologische Studien*, 1865, p. 78.

neuse, ayant tous les caractères de celle qu'on voit se former dans le sang non défibriné. M. van der Horst attribue une importance spéciale à cette dernière observation, bien qu'il soit loin de la regarder comme fournissant une preuve péremptoire. „L'explication de la coagulation du sang," ainsi conclut-il, „a déjà donné lieu à tant d'hypothèses, qu'on ne peut dorénavant attacher de prix qu'à des faits décisifs. Les observations que j'ai rapportées sont tout au plus de nature à solliciter des recherches plus approfondies."

La dissertation de M. van der Horst contient les résultats obtenus jusqu'au moment de sa promotion. Ainsi qu'il arrive ordinairement, lorsqu'un travail doit être terminé à jour fixe, plusieurs points n'avaient pu être abordés, et d'autres avaient été étudiés d'une manière moins complète que M. van der Horst et moi ne l'eussions désiré.

J'ai donc, l'été dernier, continué les recherches, et j'ai eu la satisfaction de voir que mes nouveaux résultats confirmaient pleinement les observations et les déductions qui avaient été communiquées dans la dissertation de M. van der Horst.

Je traiterai successivement les points suivants:

I. L'identité de la globuline (paraglobuline) et de l'albuminate de potasse.
II. La richesse en globuline du sérum de divers animaux et les causes des différences observées.
III. La fibrine considérée comme élément constitutif des corpuscules rouges du sang.
IV. L'origine de la fibrine du sang.

I. L'identité de la globuline (paraglobuline) et de l'albuminate de potasse.

Outre la séro-albumine et la globuline qui est précipitée du sérum étendu sous l'influence de l'acide carbonique ou de l'acide acétique, nous y avons trouvé encore une matière albumineuse, qui est insoluble dans une dissolution concentrée de sel marin et qui existe en quantité très diverse dans les différentes espèces de sang.

La première question qui se présentait, était de déterminer la nature de la matière albumineuse précipitable par le chlorure de sodium.

M. Kühne admet que dans le sérum étendu de dix fois son volume d'eau l'acide carbonique précipite de la globuline (paraglobuline), mêlée peut-être avec un peu d'albumine provenant de la décomposition simultanée de l'albuminate de soude. Après que la globuline a été éloignée par l'acide carbonique, l'addition d'une petite quantité d'acide acétique donne encore lieu ordinairement à un trouble. Celui-ci est attribué à l'albuminate de soude, lequel, comme M. Rollett nous l'a appris, n'est pas précipité par l'acide carbonique en présence des phosphates alcalins.

La matière albumineuse précipitée par l'acide carbonique, dans le sérum étendu de dix volumes d'eau, serait-elle de la globuline (paraglobuline), et la matière albumineuse précipitable par Cl Na de l'albuminate de soude?

La globuline précipitée du sérum ou du sang étendus est granuleuse, et se dissout dans l'eau, en formant une liqueur à peine opalescente, quand on la secoue avec de l'air ou, mieux, quand on la fait traverser par un courant d'oxygène *pur*. Elle est soluble dans des dissolutions très étendues de sels neutres, ainsi que dans les acides et les alcalis très dilués. La globuline n'existe pas seulement dans le sérum et les corpuscules du sang, mais aussi dans d'autres liquides et d'autres organes, par ex. dans le cristallin; mais, tandis que la globuline du sang se dissout dans l'eau chargée d'oxygène, ne se coagule pas par la chaleur, et n'est pas précipitée de sa dissolution par l'alcool, — bien que, en elle-même, elle soit absolument insoluble dans l'alcool, — ces dernières propriétés feraient défaut (d'après M. Schmidt) à la globuline du cristallin. En outre, la globuline du sang détermine la séparation de la fibrine dans des liquides fibrinogènes (liquides d'hydrocèles, etc.) qui ne se coagulent pas spontanément; la globuline du cristallin est privée de ce pouvoir, et, tant par ce motif qu'à cause de son insolubilité dans l'eau chargée d'oxygène, M. Kühne la distingue de la globuline du sang, en donnant à celle-ci le nom de paraglobuline.

L'albuminate de potasse ou de soude, précipité de sa dissolution par l'acide carbonique ou l'acide acétique, est, dit-on, insoluble dans l'eau, difficilement soluble dans les disssolutions étendues des sels alcalins neutres, et dépourvu d'action fibrinoplastique. A cela près, il a les mêmes propriétés que la paraglobuline. On ne trouve quelque différence que dans l'aspect du précipité: la paraglobuline donne un précipité granuleux, l'albuminate alcalin un précipité floconneux.

J'essayai, en premier lieu, si, à une chaleur de 45°, l'acide acétique pourrait produire, dans le sérum étendu, un précipité dont la quantité fût à peu près égale à celle qu'on obtient au moyen du traitement successif par l'acide carbonique et par le sel marin. Comme la paraglobuline et l'albuminate de potasse sont, tous les deux, précipités par l'acide acétique, mais redissous par le plus léger excès du réactif, je mêlai le sérum avec des quantités diverses, quoique toujours très petites, d'acide acétique:

	Albumine précipitée par l'acide acétique.	Total de l'albumine précip. par CO^2 et par ClNa [1]).
Sérum de vache N° 2	0,84 p. c.	2,06 p. c.
„ „ „ „ 4	0,73	2,75
„ „ „ „ 21	0,89 0,87	1,88
Sérum de veau „ 6	0,58	0,83

On voit que, dans le sérum de veau, l'acide acétique précipite presque autant d'albumine que l'acide carbonique et le sel marin réunis, tandis que pour le sérum de vache la première quantité reste beaucoup au-dessous de la seconde.

D'un autre côté, en opérant sur des liqueurs plus étendues, on peut retirer du sérum de vache, par l'acide carbonique, un précipité plus abondant. En étendant le sérum n° 21 de 40 fois son

[1]) Dans la détermination de l'albumine précipitable par ClNa, le précipité, imprégné de sel, fut séché à 120°, puis lavé à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne montrât plus la réaction du chlore. Ensuite il fut séché de nouveau et pesé.

volume d'eau, j'obtins 1,12 p. c. de matière précipitable par l'acide carbonique, tandis qu'après l'addition de 10 volumes d'eau, l'acide carbonique n'avait donné que 0,83 p. c. de précipité.

Comme il est à craindre toutefois que, vers la fin de la filtration, un peu de paraglobuline ne soit entraînée en dissolution, j'ai encore eu recours à un autre moyen pour m'assurer si, effectivement, les différentes espèces de sérum contiennent toujours, à côté de la substance précipitable par l'acide carbonique, une autre matière albumineuse qui n'est pas précipitée par les acides faibles, mais bien par le sel marin.

Je mêlai successivement 20 cc. de sérum de vache, de veau et de chien avec 200 cc. d'eau, et fis passer un excès d'acide carbonique dans chacun de ces mélanges. Lorsque le précipité fut complétement déposé, je pris, avec une pipette, un peu plus de 100 cc. de la liqueur claire, que je filtrai à travers du papier très fin. J'ajoutai à 100 cc. du liquide filtré un excès de sel marin pur [1]; pour 100 parties de sérum je trouvai ainsi:

	Albumine précipitée par ClNa.
Sérum de vache N° 21	1,42
„ „ veau „ 24	0,08
„ „ chien „ 28	0,07

En étendant le sérum de vache avec 100 volumes d'eau, j'obtins encore, de cette manière, 0,76 p. c. de matière albumineuse précipitée par le sel marin.

On voit, d'après cela, que le sérum de veau et le sérum de chien, étendus d'eau, laissent effectivement presque tout déposer sous l'influence de l'acide carbonique, mais que dans le sérum de vache, au contraire, une portion considérable de matière n'est pas précipitée par cet acide.

Mon résultat initial conduisait donc à admettre que la matière

---

[1]) En exécutant les analyses comparatives de diverses espèces de sérum, qu'on trouvera citées plus loin, je reconnus que les impuretés du sel marin ordinaire du commerce ne sont pas négligeables dans ces déterminations. Je répétai donc toutes les analyses avec du sel pur.

albumineuse du sérum de vache, précipitable par le sel marin, se distingue en effet, non-seulement de la globuline, mais aussi de l'albuminate alcalin. Il est vrai que l'albuminate alcalin résiste aussi à la précipitation par l'acide carbonique en présence des phosphates alcalins, mais, même dans une pareille solution, l'albumine est précipitée, suivant M. Rollett, par l'acide acétique. Or, l'acide acétique ne me donna guère plus que l'acide carbonique, et certainement beaucoup moins que ce qu'on obtient par l'emploi successif de l'acide carbonique et du sel marin.

L'influence des phosphates alcalins n'a toutefois pas été étudiée quantitativement par M. Rollett. Il indique seulement que ces phosphates empêchent „jusqu'à un certain degré" la précipitation, mais il n'a pas examiné si le précipité produit par l'acide acétique, par exemple, correspond avec la quantité totale d'albumine en solution. Il s'est borné à faire voir — ce qui suffisait pour son but — qu'une solution d'albuminate alcalin peut, en présence de phosphates alcalins, avoir une réaction acide sans qu'il se forme de précipité, et que la matière albumineuse précipitée, par les acides faibles, des solutions d'albuminate alcalin se redissout immédiatement quand on ajoute quelques gouttes de phosphate de soude.

Je préparai avec du blanc d'œuf, suivant le procédé de M. Lieberkühn, de l'albuminate de potasse, et le fis dissoudre, à une température de 45°, dans l'eau distillée; après une action prolongée à cette température, il finit par disparaitre presque complétement.

Dans la détermination I j'opérai sur l'albuminate de potasse seul, pour la détermination II on ajouta 2 cc. d'une dissolution concentrée de phosphate de soude. Pour la détermination III on prépara du nouvel albuminate de potasse et on employa du sel marin pur. Chaque fois on prit 20 cc. étendus de 200 cc. d'eau:

	Albuminate de potasse.		
	I	II	III
Par l'acide carbonique	0,73	—	0,93
Par l'acide acétique	—	0,77	—
Ensuite par le sel marin	0,10	0,07	0,09
Par le sel marin seul	0,75	—	0,80

La liqueur qui avait reçu 2 cc. de phosphate de soude se troubla fortement par l'acide carbonique, mais ne laissa déposer aucun précipité. Toutefois, lorsqu'on en vint à réduire la quantité de phosphate à 0,5— 1,5 cc., l'acide carbonique donna lieu aussi à un précipité, qui se déposa et put être séparé par filtration. Mais, non-seulement le phosphate de soude entrave et finalement empêche tout à fait la précipitation: on voit que, même sans cette addition, l'acide carbonique ne parvient pas à séparer toute l'albumine de la solution d'albuminate de potasse. Une partie reste dissoute et peut être précipitée ensuite par le sel marin.

La fibrine et la myosine offrent une grande analogie avec l'albuminate de potasse. La fibrine, comme M. Denis nous l'a appris, est peu soluble dans une dissolution de sel quand elle a été séparée du sang par le battage, mais facilement soluble, même dans des dissolutions salines étendues, lorsqu'elle a été obtenue par le lavage du caillot du sang ou qu'elle provient d'un coagulum formé après la mort dans la cavité cardiaque. Comment ces deux matières se comportent-elles sous le rapport que nous venons d'étudier pour l'albuminate?

Avec la fibrine l'expérience n'a été faite qu'une fois, parce que, dans les derniers temps, je n'ai pu me procurer un coagulum cardiaque incolore; la myosine a été expérimentée plusieurs fois. Les déterminations I et II ont eu lieu avec du sel marin ordinaire du commerce, III et IV, au contraire, avec du chlorure de sodium pur. Après avoir été débarrassés par des lavages à l'eau de toutes les matières solubles, la fibrine et les muscles furent chauffés à 45° dans une dissolution contenant environ 4 p. c. de Cl Na. Comme ces solutions se filtrent mal, elles furent séparées du résidu insoluble par colature à travers une toile fine. La fibrine s'était, du reste, dissoute presque en entier. De la solution de fibrine on employa pour la détermination 20 cc., qui furent étendus de 10 volumes d'eau. Quant à la myosine, on en prit 50 cc. étendus de 100 cc. d'eau, sauf dans la détermination V, pour laquelle on avait ajouté quelques gouttes de potasse à la solution de sel, afin de dissoudre en moins de temps une plus

grande proportion d'albumine, de sorte que la liqueur avait une faible réaction alcaline; comme, par suite de cette circonstance, on n'avait pas à craindre qu'une forte dilution fît précipiter une quantité un peu notable d'albumine, on prit dans cette dernière détermination 20 cc. de liqueur, étendus de 200 cc. d'eau:

	Fibrine.	Myosine.			
	I	II	III	IV	V
	Homme	Vache	Vache	Poulet	Vache
Par CO_2	0,17	0,17	0,35	0,25	0,60
Par Cl Na	0,10	0,04	0,13	0,08	—
Par Cl Na seul	—	—	0,43	0,34	—
Par simple dilution avec de l'eau	—	—	0,19	—	—

Comme on le voit, la fibrine et la myosine se comportent sous ce rapport tout comme l'albuminate de potasse. L'acide carbonique ne précipite pas toute l'albumine de la dissolution saline. Il en reste une partie qui peut être précipitée par Cl Na. Dans l'essai V, après la séparation du précipité dû à l'acide carbonique, Cl Na amena également des flocons, et même en proportion considérable; malheureusement, la détermination quantitative fut perdue. La simple dilution avec de l'eau précipite moins de myosine que l'action combinée de l'eau et de l'acide carbonique, et je me suis assuré également que, même après l'addition de petites quantités de phosphate de soude, la myosine est séparée de la dissolution saline par l'acide carbonique.

Toutes les matières examinées montrent donc les mêmes propriétés. Toutes sont solubles dans une dissolution étendue de chlorure de sodium, mais dans des proportions qui dépendent de la quantité de sel et d'acide que la liqueur contient. La myosine se dissout en plus grande proportion lorsque la réaction est alcaline que lorsqu'elle est acide; la myosine du poulet, qui n'avait pas été additionnée d'alcali, mais qui avait été examinée toute fraîche, montra aussi plus de facilité à se dissoudre. La teneur en sel détermine d'un autre côté la proportion de matière qui

est précipitée par l'acide carbonique. Avec une teneur de 5 p. c., la myosine et la fibrine donnent l'une et l'autre un précipité par l'acide carbonique, mais en quantité beaucoup plus faible que lorsqu'on emploie des dissolutions plus étendues.

Les liquides fibrinogènes montrent encore le même phénomène: l'acide carbonique les précipite et, après filtration, Cl Na donne lieu à un nouveau précipité:

LIQUIDES FIBRINOGÈNES.

	I. Hydropisie ascite Dens. 1011	II. Hydrocèle Dens. 1021	III. Hydrocèle Dens. 1021
Matière solide . . .	2,82 2,78	6,34 6,33	5,68
Par CO_2	0,21	0,26	0,15
Par Cl Na	0,26	0,27	0,18

De tout ce qui précède il résulte que l'impossibilité de précipiter par CO_2 les matières que Cl Na sépare des diverses espèces de sérum et surtout du sérum de vache, n'est pas un motif suffisant pour distinguer ces substances de celles qui précipitent, après dilution préalable, par l'acide carbonique. Un peu plus de sel ou d'alcali donne lieu au même phénomène. L'addition d'une très petite quantité d'alcali ou de sel marin empêche complétement, comme on sait, la précipitation de la paraglobuline.

Mais alors, y a-t-il une différence quelconque entre la paraglobuline et la substance fibrinogène d'un côté, et l'albuminate alcalin, la fibrine et la myosine, de l'autre?

Il existe une différence, mais seulement sous le rapport quantitatif, car, dans la manière de se comporter à l'égard de l'eau chargée d'oxygène et des sels alcalins neutres, il n'y a pas non plus entre ces corps une différence aussi tranchée qu'on l'a admis jusqu'à présent.

Un examen attentif m'a appris que non-seulement la paraglobuline et la substance fibrinogène, mais aussi l'albuminate alcalin, la myosine et la fibrine, après leur précipitation par l'acide

carbonique, se dissolvent partiellement dans l'eau sous l'influence d'un courant prolongé d'oxygène ou d'hydrogène purs.

Au commencement de mes recherches il m'avait semblé, à moi aussi, que le précipité produit par l'acide carbonique, dans le sérum du sang ou dans les exsudats, se distinguait des autres matières analogues par sa solubilité dans l'eau chargée d'oxygène. Cette eau ne dissolvait pas une trace du précipité fourni par l'albuminate de potasse, tandis que, dans les mêmes circonstances, je voyais la paraglobuline se dissoudre en proportion assez notable. Néanmoins, une grande partie de la paraglobuline restait aussi sans se dissoudre, bien que l'oxygène arrivât en abondance dans la liqueur.

M. Brücke a observé la même chose [1]). Il a même trouvé que la paraglobuline, après avoir été lavée à l'eau chargée d'acide carbonique, n'est dissoute qu'en très petite quantité par l'oxygène.

Je fus d'abord tenté de chercher la cause du fait dans un mélange avec l'albuminate de soude, lequel, d'après M. Kühne, peut facilement être précipité en même temps que la paraglobuline. Mais, en remplaçant le courant d'oxygène par un courant d'hydrogène, je vis, à ma grande surprise, la masse tout entière se dissoudre, et j'obtins un liquide véritablement à peine opalescent.

Cette observation fit naître l'idée que peut-être l'oxygène employé n'avait pas été parfaitement pur et que c'était là la cause de la faiblesse de son pouvoir dissolvant, conjecture qui ne tarda pas à se vérifier. L'oxygène avait été préparé en chauffant du chlorate de potasse avec du peroxyde de manganèse, et il avait traversé une lessive de potasse, puis de l'eau, avant d'être mis en contact avec la paraglobuline. Il m'avait paru que, de cette manière, il serait suffisamment débarrassé du chlore et de l'acide nitreux, qui étaient les seules impuretés à craindre. Pour lever tous les doutes, je préparai de nouveau de l'oxygène, en n'employant plus le mélange de chlorate et de manganèse, mais

---

[1]) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften*, 1867. T. LV. pag. 882.

seulement du chlorate de potasse pur. Je fis passer le gaz dans une lessive de potasse, dans de l'eau et dans du nitrate d'argent, en ajoutant encore un quatrième flacon de lavage contenant une solution d'iodure de potassium. J'avais déjà remarqué plus d'une fois que l'ozone peut donner lieu, dans le sérum du sang, à la séparation de flocons. Il n'était pas impossible que de l'ozone prît naissance quand on chauffe du chlorate de potasse. Effectivement, même en ne faisant passer le gaz qu'avec lenteur, je vis la solution d'iodure de potassium se colorer en jaune, tandis qu'aucun précipité de chlorure d'argent, pas même un léger trouble, n'apparaissait dans la solution argentique.

Je ne décide pas si la coloration en jaune indique réellement la présence de l'ozone. Pour notre objet, il suffit de savoir que l'oxygène, préparé et purifié comme je viens de le dire, dissout en entier le précipité formé par l'acide carbonique dans le sérum étendu, en donnant lieu à un liquide *à peine* opalescent. Je présume que la raison essentielle pour laquelle M. Brücke et d'autres observateurs n'ont pu dissoudre qu'une fraction du précipité, doit être cherchée dans les impuretés du gaz employé. Il est bien vrai que la paraglobuline, comme tous les corps de ce groupe, devient graduellement moins soluble, quand elle est en contact avec des acides et avec de l'eau; toutefois, même après trois précipitations par l'acide carbonique et trois dissolutions par l'oxygène, je pus encore, à l'aide de ce dernier agent, dissoudre la plus grande partie du précipité formé par l'acide carbonique.

Après ce que j'avais trouvé pour la paraglobuline, il va sans dire que j'examinai aussi l'influence de l'oxygène ainsi purifié sur le précipité produit par l'acide carbonique dans les solutions de myosine, de fibrine et d'albuminate alcalin: — or, je reconnus que tous ces précipités se dissolvaient maintenant en partie.

L'hydrogène exerce la même influence, et comme il est facile de préparer ce gaz et de l'avoir constamment sous la main, je lui donne même la préférence sur l'oxygène. Je lui fis traverser une lessive de potasse et de l'eau, et, ainsi purifié, il montra

une action au moins aussi énergique que celle de l'oxygène. La globuline du cristallin fut aussi partiellement dissoute sous son influence.

Après que l'oxygène ou l'hydrogène eut agi quelque temps, les liquides furent filtrés. Les produits de la filtration ne se coagulaient pas par la chaleur et n'étaient pas précipités par l'alcool absolu, tandis que le passage de l'acide carbonique donnait lieu à un précipité, même lorsque la liqueur filtrée était limpide comme de l'eau.

Il existe, sans aucun doute, une différence quantitative entre les diverses matières. La proportion qui se dissout dans l'hydrogène ou dans l'oxygène et le temps nécessaire ne sont pas les mêmes pour toutes; mais la paraglobuline elle-même, dans les conditions les plus favorables, fournit encore toujours une solution plus ou moins opalescente, et parfois même une partie assez notable reste sans se dissoudre. Sous ce rapport de la solubilité, on observe souvent des phénomènes contradictoires, qu'il est impossible d'expliquer actuellement, mais qui n'en prouvent pas moins que la solubilité de la paraglobuline est variable, comme celle de tous les autres corps du même groupe. C'est ainsi qu'il m'arriva une fois de mêler de la paraglobuline dissoute dans de l'eau chargée d'hydrogène avec une dissolution, dans le chlorure de sodium étendu, de la matière que le sel marin précipite du sérum. Les deux solutions étaient claires. Après 24 heures il s'était déposé sur le fond du vase un précipité abondant, qui ne se dissolvait plus en entier dans l'hydrogène. Or, en répétant l'expérience, il ne se forma aucun précipité dans les mêmes conditions. La proportion de matière albumineuse, qui est dissoute dans l'eau, paraît avoir de l'influence sur les propriétés de la solution.

Pour la fibrine et la myosine, l'action attribuée à l'oxygène et à l'hydrogène pourrait être mise sur le compte du sel marin dont elles étaient imprégnées, le précipité par l'acide carbonique s'étant formé dans une dissolution plus ou moins étendue de chlorure de sodium. Mais cette explication serait difficilement applicable à

l'albuminate de potasse. Non que je veuille prétendre que le précipité auquel l'acide carbonique donne lieu dans la dissolution d'albuminate soit pur de tout mélange de sel; mais, au moins, il doit l'être autant que la paraglobuline. Les conditions dans lesquelles il se produit sont les mêmes que celles qui président à la séparation de la paraglobuline, et à l'égard de celle-ci nous ne savons pas non plus si elle est entièrement exempte de sel. Au contraire, tout semble confirmer l'opinion de M. Denis, que l'albumine ordinaire est également insoluble, et qu'elle n'est maintenue en solution que par la présence d'autres matières, principalement d'alcalis et de sels alcalins. M. Wurtz croyait avoir obtenu, au moyen de l'acétate de plomb et de la décomposition par l'acide carbonique, de l'albumine entièrement privée de sel, soluble, et se comportant d'ailleurs comme l'albumine ordinaire; mais tous ceux qui ont préparé l'albumine de M. Wurtz lui ont trouvé une réaction acide, due à de l'acide acétique qu'elle retenait. M. Graham [2]) a cru également avoir obtenu de l'albumine exempte de sel: il fit dialyser dans l'eau du sérum et de l'albumine d'œuf mélangés d'un peu d'acide acétique, et regarda le produit qui restait, après la séparation des sels, comme de l'albumine pure et néanmoins soluble. MM. Hoppe, von Wittich et Kühne trouvèrent toutefois que les sels ne se laissaient pas éloigner complétement de cette manière, et qu'en dépit de cela de l'albumine se déposait dans le dialyseur [3]).

C'est aussi le résultat auquel je suis parvenu. Après avoir séparé, au moyen de l'acide carbonique et du chlorure de sodium pur, la paraglobuline d'une quantité considérable de sérum de vache, je répétai avec cette matière l'expérience de Graham. Je la laissai dialyser pendant longtemps avec de l'eau de pluie pure; mais, bien que la dissolution albumineuse fût encore loin d'être entièrement débarrassée de sel, il s'était déjà formé un

---

[1]) *Comptes rendus*, T. XVIII, pag. 700,

[2]) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, T. CXXI, pag. 1.

[3]) *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, pag. 179.

dépôt abondant, tout comme dans les expériences de M. Kühne.

Comme l'albumine d'œuf et l'albumine de sérum se comportent d'une manière un peu différente, je jugeai qu'il y aurait de l'intérêt à préparer aussi de l'albuminate de potasse avec de l'albumine de sérum, et à en examiner les propriétés. M. Hoppe, qui l'avait déjà préparé ainsi [1]), l'avait trouvé moins consistant et moins dur que l'albuminate fourni par l'albumine d'œuf. M. Brücke, l'ayant préparé au moyen de la paraglobuline, obtint une gelée tout aussi solide, et il remarque, avec raison, que le degré de consistance dépend probablement de la quantité de matière albumineuse.

M. J. Chr. Lehmann [2]) a montré que, même dans une dissolution albumineuse très étendue, il se forme encore de l'albuminate alcalin, naturellement à l'état dissous, quand on y ajoute de l'alcali. Comme j'avais trop peu de matière albumineuse de sérum pour préparer l'albuminate solide, je la mélangeai avec une petite quantité de potasse. Elle fut précipitée par l'acide carbonique, et, après filtration, le chlorure de sodium y produisit un précipité, tout comme dans l'albuminate de l'albumine d'œuf. Le précipité dû à l'acide carbonique, traité par l'oxygène ou l'hydrogène, ne s'y dissolvait pas en plus grande quantité que l'albuminate de blanc d'œuf.

La même différence graduelle se manifeste entre la paraglobuline et les dissolutions de l'albuminate de potasse, de la myosine et de la fibrine, dans leur manière de se comporter vis-à-vis des sels. La myosine, la fibrine et surtout l'albuminate de potasse ne se dissolvent que lentement dans les dissolutions salines étendues, et, même quand la proportion de sel est considérable, ils sont précipités de ces dissolutions par l'acide carbonique, au moins partiellement. La paraglobuline, après avoir été précipitée par l'acide carbonique, se redissout immédiatement, en donnant un liquide limpide, quand on ajoute une trace d'alcali ou quelques gouttes d'une solution de sel marin.

[1]) *Chemisches Centralblatt*, 1865, pag. 785.

[2]) *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften*, 1864, pag. 529.

La facilité à se dissoudre dans l'eau chargée d'oxygène et dans les solutions étendues des acides, des alcalis et des sels alcalins neutres est donc le caractère essentiel par lequel la paraglobuline se différencie des matières qui lui sont analogues [1]).

La facilité à se dissoudre appartient également à la substance que le chlorure de sodium précipite du sérum de vache étendu. Si l'on porte cette substance dans l'eau, le sel qui y est resté attaché est plus que suffisant pour la dissoudre, et quand on étend cette solution de 100 volumes d'eau, l'acide carbonique en précipite bien quelque chose, mais la très grande partie de l'albumine reste dissoute. C'est précisément cette facile solubilité dans les sels alcalins neutres, qui prouve, à mon avis, que la matière séparée du sérum de vache par l'acide carbonique n'est pas autre chose qu'une partie de la paraglobuline, que l'acide carbonique ne précipite pas en présence des sels et des alcalis.

Cette facile solubilité, qu'elle soit propre à la globuline elle-même ou due à des substances étrangères, est en effet le seul caractère qui la distingue des autres matières albumineuses. Les petites différences que M. A. Schmidt avait cru remarquer d'abord entre les solutions d'albumine et celles de paraglobuline, ont trouvé peu à peu leur explication. Le sulfate de cuivre précipite la paraglobuline d'une dissolution alcaline; mais lorsqu'elle est dissoute dans une solution de sel, il ne la précipite pas plus qu'il ne précipite la séro-albumine. L'acide acétique et d'autres acides organiques ne donnent pas de précipité dans du sérum privé de paraglobuline; ils en donnent un dans une solution alcaline de paraglobuline, mais si l'on ajoute à cette solution un peu de sel marin, le précipité ne se produit plus (Brücke) [2]).

[1]) Cela s'applique sans doute aussi à la substance fibrinogène; mais comme je me suis servi pour mes recherches principalement de la paraglobuline du sérum, je borne mes énoncés à cette dernière substance.

[2]) Je passe sous silence la forme du précipité. Quiconque est tant soit peu familiarisé avec l'étude des matières albumineuses sait que la forme sous laquelle ces matières se séparent est dépendante de toutes sortes de circonstances accessoires. L'albuminate de potasse est précipité en flocons; mais lorsqu'il est mêlé

Toutefois, cette dernière différence elle-même, cette facile solubilité n'est pas caractéristique pour la paraglobuline, mais dépend de circonstances accessoires.

Lorsqu'on étend du sérum de vache de 10 vol. d'eau, qu'on sépare par l'acide carbonique la paraglobuline, qu'on ramène la liqueur filtrée à son volume primitif par évaporation à 40°, puis qu'on ajoute de nouveau 10 vol. d'eau, la liqueur, en supposant qu'elle ait été limpide après la filtration, ne précipite plus par l'acide carbonique ou ne donne qu'un précipité insignifiant.

Si l'on ajoute à ce sérum privé de paraglobuline une solution d'albuminate de potasse, et que, après avoir étendu de 10 vol. d'eau, on y fasse passer de l'acide carbonique, il se forme un précipité. Si, séparant celui-ci par la filtration, on le met en suspension dans l'eau, dans laquelle on conduit un courant d'oxygène ou d'hydrogène purs, le précipité se dissout complétement dans l'eau et la solution devient aussi limpide que celle de la paraglobuline; il est aussi facilement soluble dans les dissolutions de sel.

Au contraire, la paraglobuline, débarrassée de ses sels par la dialyse, est entièrement insoluble dans l'eau chargée d'oxygène ou d'hydrogène.

Lorsque le sérum de vache, privé de paraglobuline et ramené à son volume primitif, est chauffé pendant quelques heures à 40° avec de la fibrine (de caillot) fraîche et soigneusement lavée, et qu'on sépare ensuite par filtration la fibrine non dissoute, ce sérum, étendu de 10 vol. d'eau, précipite aussi par l'acide carbonique, et le précipité est également soluble en entier dans l'oxygène ou dans l'hydrogène.

à une certaine quantité de phosphate de soude, la liqueur devient blanche, il est vrai, mais le précipité est à un tel état de division qu'il ne se dépose pas et qu'il ne peut être séparé par filtration. M. Brücke a raison quand il dit, en parlant de la forme du précipité: „Mon intention n'est nullement de fonder une distinction là-dessus; car une expérience répétée m'a appris que, de tous les mauvais caractères servant à distinguer les matières albumineuses, la forme du précipité est certainement un des plus mauvais, sinon le plus mauvais."

Le sérum privé de paraglobuline seul, (sans fibrine), traité exactement de la même manière, ne donne pas de précipité ou n'en donne qu'un insignifiant.

Quand de l'albuminate de potasse est mélangé avec une petite quantité de phosphate de soude, puis, après dilution, traité par l'acide carbonique, le précipité qu'on obtient se dissout aussi très facilement dans l'oxygène ou dans l'hydrogène.

Ainsi, toute différence s'efface. La facile solubilité elle-même n'est pas propre à la paraglobuline comme telle, mais dépend de la présence de sels ou peut-être aussi d'autres matières. Mais la propriété fibrino-plastique? dira-t-on. Il est vrai que le précipité produit par l'acide carbonique dans l'albuminate de potasse n'a pas d'action fibrino-plastique, et ceux qui regardent comme prouvée l'hypothèse de M. Schmidt concernant la formation de la fibrine, qui sont convaincus que la paraglobuline et la substance fibrinogène se réunissent pour donner naissance à la fibrine, ceux-là ne peuvent, naturellement, partager ma manière de voir. Le précipité que le Cl Na provoque dans le sérum dépouillé de paraglobuline par l'acide carbonique se montre aussi, du moins quand on prend quelques précautions, entièrement dépourvu de la propriété fibrino-plastique, et si cette propriété doit servir de critérium, la substance précipitée par le Cl Na dans un pareil sérum n'est pas de la paraglobuline. Mais elle n'en diffère, comme nous l'avons vu, que sous ce seul aspect, et c'est là précisément ce qui me fait douter, avec M. Brücke, que la paraglobuline soit la matière fibrino-plastique du sérum.

Grâce à l'obligeance de mes amis, j'ai eu assez souvent, dans ces derniers temps, l'occasion d'examiner des liquides fibrinogènes. A vrai dire, le liquide d'hydrocèle est le seul qui convienne pour ces expériences, les autres liquides éprouvant fréquemment, après une durée parfois très longue, une coagulation spontanée partielle, ce qui rend le résultat incertain. Des six liquides d'hydrocèle qui furent mis à ma disposition, quatre ne manifestèrent aucune trace de coagulation, même après qu'on y eut ajouté du sang. Il est probable que la ponction avait déjà été

faite un grand nombre de fois. Dans un cas, il se forma un coagulum insignifiant après l'addition du sang. Enfin le liquide d'hydrocèle n°. II se prit en caillot par le mélange avec de petites quantités de sérum ou de sang.

Ce même liquide, mélangé avec du sérum de vache dont, après dilution avec 10 vol. d'eau, l'acide carbonique avait précipité la paraglobuline, ne montra plus qu'une coagulation très légère, semblable à celle qu'on obtenait par le sérum de veau dans les mêmes circonstances; après dilution avec 20 vol. d'eau, on observa encore une trace de fibrine précipitée (en petits flocons). Or, comme le sérum de vache étendu de 10 vol. d'eau renferme encore environ $1\frac{1}{2}$ p. c. d'albumine précipitable par Cl Na, tandis que le sérum de veau ne contient que $\frac{1}{2}$ p. c. de paraglobuline, je me crois autorisé à conclure que l'albumine précipitable par le sel n'exerce pas d'action fibrino-plastique. Le précipité produit par le sel, porté dans le liquide fibrinogène, n'y donna lieu également qu'à une trace de coagulation.

Mais la paraglobuline elle-même, lorsqu'elle est mise à l'état de pureté en contact avec des liquides fibrinogènes, agit avec bien moins d'énergie que le sérum ou le sang. Qu'on précipite par l'acide carbonique une quantité relativement considérable de paraglobuline, qu'on la redissolve dans l'oxygène ou dans l'hydrogène, et qu'on la mélange alors avec des liquides fibrinogènes, on reconnaîtra manifestement que la proportion de fibrine séparée est beaucoup plus faible que celle à laquelle donnerait lieu une quantité équivalente de sang. En outre, l'action la plus forte est exercée par la paraglobuline qui se précipite en premier lieu, par exemple après dilution avec 5 vol d'eau, et, bien qu'alors il reste encore une grande quantité de paraglobuline précipitable par l'acide carbonique, au moins dans le sérum de vache, la liqueur ne produit plus qu'une coagulation insignifiante. M. Brücke a observé le même fait [1]), et par suite il doute également que la paraglobuline soit la substance fibrino-plastique du

---

[1]) *l. c.* pag. 882.

sang, c'est-à-dire la substance qui, dans les liquides fibrinogènes, détermine la précipitation de la fibrine.

Le fait n'a pas échappé non plus à M. Schmidt, qui a observé avec un soin et une précision admirables tout ce qui a rapport à la coagulation. Pour l'expliquer, il suppose que la paraglobuline éprouve des altérations pendant qu'on la prépare, altérations qui seraient d'autant plus grandes que le liquide qui la fournit est plus étendu. Je demande toutefois, avec M. Brücke, s'il n'est pas beaucoup plus rationnel d'admettre qu'il existe deux matières dans le précipité formé par l'acide carbonique: 1°. la paraglobuline et 2°. la matière fibrino-plastique, cette dernière étant ou bien précipitée directement par l'acide carbonique, ou bien entraînée mécaniquement par la paraglobuline. La paraglobuline précipitée par le sel marin devrait alors son inactivité à ce qu'elle ne contiendrait pas en mélange, comme la paraglobuline précipitée par l'acide carbonique, de la matière fibrino-plastique.

En résumé, les résultats obtenus sont les suivants:

1°. Dans le sérum du sang (surtout dans celui de la vache), lorsqu'on a éloigné le précipité formé par l'acide carbonique après addition de 10 vol. d'eau, il existe encore une matière albumineuse, que précipite le traitement ultérieur par Cl Na.

2°. Les solutions d'albuminate de potasse, de fibrine et de myosine montrent la même propriété. CO_2 y précipite une partie de l'albumine, et la saturation subséquente par Cl Na, une autre partie. Cl Na seul précipite moins d'albumine que CO_2 associé avec Cl Na.

3°. Le précipité formé par CO^2 est, pour toutes ces matières, soluble en partie dans l'oxygène ou l'hydrogène *purs*. La paraglobuline du sérum du sang se dissout, toutefois, beaucoup plus rapidement et en proportion beaucoup plus considérable. La solubilité dans les dissolutions étendues des sels alcalins est aussi beaucoup plus grande pour la paraglobuline.

4°. Cet excès de solubilité n'appartient du reste pas en propre à la paraglobuline, mais dépend du mélange avec des sels et peut-être avec d'autres matières.

5°. En effet, lorsqu'on mêle de l'albuminate de potasse avec

du sérum privé de paraglobuline, CO_2 y fait naître un précipité qui est tout aussi soluble que la paraglobuline.

6°. Quand on chauffe pendant quelque temps à 40° de la fibrine avec ce sérum dépouillé de paraglobuline, et qu'on étend la liqueur, CO_2 y produit aussi un précipité considérable et soluble, tandis que le sérum lui-même, dans des circonstances toutes pareilles (température de 40°) ne donne pas de précipité ou n'en donne qu'un très faible.

7°. Une petite quantité de phosphate de soude n'empêche pas l'albuminate de potasse d'être précipité de ses solutions par CO_2. Le précipité se dissout facilement dans l'oxygène ou dans l'hydrogène, ainsi que dans les sels alcalins neutres.

8°. La matière albumineuse qui peut être séparée du sérum de vache étendu, après que la paraglobuline a été précipitée par CO_2, n'a pas d'action fibrino-plastique.

9°. Il est probable que la propriété fibrino-plastique n'appartient pas à la paraglobuline, mais à quelque autre substance qui se précipite simultanément.

10°. Il n'y a par conséquent aucune raison pour regarder la matière précipitée par CO_2 et celle précipitée par Cl Na comme des corps distincts. Je conserverai pour toutes les deux l'ancien nom „globuline."

II. La richesse en globuline du sérum de divers animaux et les causes des différences observées.

Après que des recherches préliminaires eurent appris que la quantité de matière précipitable par Cl Na est très différente dans diverses espèces de sérum, je pensai qu'il y aurait un certain intérêt à déterminer la proportion de globuline dans toutes les sortes de sérum que je pourrais me procurer; voici comment j'opérai. Le sérum étant séparé du sang aussi exactement que

possible, on en prenait 20 cc. [1]), qu'on étendait de dix fois leur volume d'eau. Ensuite, on y faisait passer un excès d'acide carbonique, et, lorsque la globuline s'était déposée, on filtrait la liqueur. La globuline restée sur le filtre était lavée une fois avec de l'eau chargée d'acide carbonique, séchée à 120° et pesée. Ensuite, on introduisait dans la liqueur filtrée un excès de sel marin. Quand elle approchait de la saturation, elle se troublait et des flocons commençaient à se déposer. Lorsque la saturation était complète, on filtrait la liqueur, on lavait une fois avec une dissolution saturée de sel marin, et on séchait à 120°. Finalement, les filtres séchés étaient lavés avec un excès d'eau bouillante, jusqu'à ce que l'eau qui en découlait ne donnât plus la réaction du chlore, puis séchés et pesés.

Comme la globuline dissoute dans l'eau chargée d'oxygène ou dans un alcali est aussi précipitée par une solution concentrée de sel marin, je me contentai quelquefois de saturer simplement le sérum avec du sel marin. Les résultats ainsi obtenus occupent la colonne V dans le tableau ci-dessous.

Mes premières expériences furent faites avec du sel ordinaire du commerce; seulement, pour le débarrasser de quelques-unes des impuretés qu'il contenait, je le fis dissoudre dans l'eau de pluie, filtrai la solution et l'évaporai jusqu'à cristallisation.

La matière solide du sérum fut déterminée en mêlant le liquide avec une grande quantité de sable et desséchant à 120°.

Je déterminai de cette manière la richesse en globuline du sérum du sang de divers animaux, et je m'assurai que, sous ce rapport, le sérum de vache se distingue nettement de toutes les autres espèces, au moins parmi les mammifères. La plupart des espèces de sérum donnèrent moins de 1 p. c. de matière précipitée par l'acide carbonique et le sel marin; le sérum de vache en fournit 2 p. c., et même davantage.

Je ne tardai pas à reconnaître, pourtant, que les valeurs ainsi

[1]) Pour les animaux de petite taille je dus naturellement me contenter d'un volume moindre.

trouvées n'exprimaient pas encore, avec une exactitude parfaite, la différence qui existe réellement.

De toutes les espèces de sang que j'ai examinées, celui de vache et celui de poulet se coagulent le mieux. Dans le sang de vache, du moins, il s'opère toujours une séparation complète et le sérum est ordinairement parfaitement clair. Dans beaucoup d'autres espèces de sang cette séparation se fait parfois moins complétement, et pour quelques espèces (chez le veau, par ex.) il en est toujours ainsi. Chez le veau, le sérum est constamment mêlé de sang, et sur le fond du vase où la coagulation s'effectue, on voit toujours une couche fortement colorée, qui se compose des corpuscules que le caillot n'a pas englobés et qui ont gagné le bas du liquide. On ne peut obtenir ce sérum clair, que lorsqu'on le laisse déposer.

Or, en mêlant directement le sérum avec du sang, je trouvai que les dosages donnaient des nombres notablement plus élevés.

Je remarquai, en outre, que les impuretés (chlorure de calcium, chlorure de magnésium, sulfate de soude, etc.) que contient le sel marin ordinaire du commerce, tel que je l'avais employé jusque-là, faisaient également paraître les valeurs numériques trop fortes.

Je répétai donc les déterminations sur du sérum déposé et aussi clair que possible, et avec du chlorure de sodium pur. Le sel marin du commerce fut traité par la baryte, pour le débarrasser de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique, et ensuite par l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque pour précipiter la baryte, la chaux et la magnésie. La liqueur filtrée fut alors évaporée, et le résidu porté au rouge pour chasser les sels ammoniacaux. Mes nouvelles déterminations donnèrent en 100 parties: (Voyez: tableau pag. 31.)

Ce tableau montre que, de tous les mammifères dont le sang a été examiné, la vache est celui qui possède la plus forte proportion de globuline. Le sérum du mouton est celui qui, jusqu'à présent, se rapproche le plus du sérum de vache. Le sérum de tous les autres mammifères mentionnés dans le tableau s'éloigne

Désignation du sérum.	No.	I Résidu solide.	II Globuline précipitée par CO_2.	III Globuline précipitée par Cl Na.	IV II et III ensemble.	V Globuline précipitée par Cl Na seul.
Vache (clair).......	21	....	0,83	1,05	1,88	
Mouton (assez clair).	22	9,95	0,56	1,07	1,63	1,39
		9,67	0,70	0,97	1,67	1,28
Chèvre (clair)......	23	7,26	0,39	0,14	0,53	0,41
		7,31	0,42	0,14	0,56	0,40
Veau (clair)........	24	....	0,34 0,38	0,17	0,51	0,43
Lapin (clair).......	25	....	0,23	0,21	0,44	
Cochon (assez clair).	26	....	0,55	0,25	0,80	0,69
Chien (assez clair)..	27	....	0,57	0,15	0,72	
Idem (clair)........	28	....	0,42	0,16	0,58	0,49
Chat (clair)........	29	8,05 8,07	0,43	0,11	0,54	
Homme (clair)......	30	....	0,27	0,11	0,38	
Poulet (clair).......	31	....	1,24	1,29	2,53	

notablement de celui des deux premières espèces. Parmi ceux-là, c'est chez le cochon que la proportion de globuline est la plus élevée, bien qu'elle n'atteigne que la moitié de celle qu'on trouve chez le mouton. Le sérum de poulet, au contraire, dépasse encore de beaucoup, sous ce rapport, le sérum de vache.

Les nombres du tableau font voir, en outre, que le traitement successif par CO_2 et Cl Na précipite plus d'albumine (globuline) que l'emploi de Cl Na seul, tout comme on l'a observé en opérant sur l'albuminate de potasse.

La différence trouvée constitue-t-elle une particularité propre à l'espèce animale, ou bien dépend-elle de circonstances accessoires?

Après avoir trouvé une proportion plus forte de globuline, non-seulement chez la vache, mais aussi chez le mouton, il me parut important d'examiner aussi le sang d'autres ruminants. La seule espèce de cet ordre, que je pus encore me procurer, fut la chèvre. Chez cette espèce, comme nous l'avons vu, la quantité de globuline n'est pas plus forte que chez les mammifères d'autres ordres.

Une grande richesse en globuline n'est par conséquent pas une propriété générale du sang des ruminants.

La température à laquelle la coagulation a lieu n'exerce pas d'influence ou du moins n'en exerce qu'une très légère. En automne, par conséquent à une température plus basse, on observe entre le sérum de la vache et celui du veau la même différence qu'en été.

Cette différence ne dépend pas non plus du temps pendant lequel le sérum reste en contact avec le caillot. Quand même elle aurait existé, une pareille influence n'eût pas été à craindre dans mes analyses, vu que je laissais toujours écouler le même temps (environ 18 heures) entre l'évacuation du sang et le moment où je séparais le sérum du caillot. Néanmoins, après que j'eus reconnu que la fibrine est légèrement soluble dans le sérum, je fis de ce point l'objet d'un examen direct. Du sérum de veau fut laissé en contact avec le caillot pendant 2 jours, dans une chambre chauffée; — la richesse en globuline n'avait pas augmenté ou du moins n'avait augmenté que d'une manière insignifiante.

Mais, la chèvre dont j'examinai le sang avait été bien nourrie jusqu'au dernier moment, tandis que la vache et le mouton jeûnent ordinairement pendant une couple de jours avant d'être abattus. Faudrait-il chercher dans cette circonstance la raison de la différence observée? A cette hypothèse on peut opposer que le porc, une fois entré chez le boucher, reste aussi habituellement sans nourriture; les veaux reçoivent un peu de lait le matin et le soir. Mais le porc est un omnivore, et supporte peut-être mieux le jeûne, pendant un certain temps, qu'un herbivore. Je cherchai en conséquence à me procurer du sérum de ruminants repus. Cela ne m'ayant pas réussi tout d'abord, j'examinai l'influence que le jeûne exerce, chez un herbivore, sur la richesse en globuline du sérum du sang. Je laissai un lapin sans nourriture aucune pendant plus de 48 heures; mais, dans ces conditions, la proportion de globuline fut trouvée plutôt diminuée qu' augmentée.

Ce n'est que tout récemment que j'ai eu l'occasion d'étudier le sang d'une vache soumise à un régime d'alimentation normal. Le sérum était parfaitement clair et donna en 100 parties:

I. Résidu solide.	II. Globuline précipitée par CO_2.	III. Globuline précipitée par Cl Na.	IV. II et III ensemble.	V. Globuline précipitée par Cl Na seul.
8,89	0,90	1,20	2,10	1,33
8,73	0,90	1,25	2,15	1,38

On voit en définitive que, chez la vache au moins, la forte proportion de globuline ne dépend certainement pas de circonstances accessoires, mais est propre à l'espèce animale.

Quant à la cause prochaine de la différence, je n'ai pu la découvrir jusqu'à présent. L'idée se présente naturellement de rapporter la richesse en globuline à une plus forte proportion d'alcali. M. Zuntz [1]) a montré toutefois que la proportion d'alcali du sang diminue d'une manière assez sensible après qu'il a été tiré des vaisseaux. Pour que la détermination ait quelque valeur, il faut donc que les échantillons de sang qu'il s'agit de comparer, 1° demeurent, après l'évacuation, dans des conditions tout à fait semblables, et 2° soient examinés après un même intervalle de temps. L'un et l'autre offre naturellement, vu qu'il est question d'animaux de boucherie, des difficultés particulières. Mais, lors même que ces deux conditions seraient remplies, il resterait encore douteux si le sérum du même animal montrerait une proportion d'alcali toujours égale. En effet, les chiffres absolus trouvés par M. Zuntz indiquent, au moins pour le chien, des différences assez notables.

Quoi qu'il en soit, jusqu'ici je n'ai pas eu l'occasion de comparer le sérum de vache avec celui d'autres animaux, de telle façon que je puisse regarder le résultat comme bien concluant.

La quantité totale de cendres est, en tout cas, un peu plus grande pour le sérum de vache que pour celui d'autres animaux.

[1]) *Centralblatt f. d. medic. Wissensch.*, 1867, pag. 801.

Dans le sérum du chien j'ai trouvé 0,99 p. c. de cendres, dans celui du veau 0,97 p. c., et dans celui de la vache 1,18 p. c. La proportion de chlore n'a montré qu'une différence insignifiante : le sérum de veau a donné 0,300 p. c. de chlore et celui de vache 0,326 p. c., répondant respectivement à 0,49 p. c. et 0,53 p. c. de chlorure de sodium.

Dans la proportion d'acide phosphorique je n'ai trouvé absolument aucune différence. La méthode de dosage de l'acide phosphorique au moyen de l'acétate d'urane, d'après M. Neubauer, donne, comme l'on sait, de bons résultats, lorsqu'on soigne que les liqueurs acidifiées par l'acide acétique renferment une quantité d'acétate de soude égale à celle qu'on ajoute à la solution normale (solution de phosphate de soude contenant 0,2 p. c. d'acide phosphorique) qui sert au titrage de la solution d'acétate d'urane. J'étendis les différents échantillons de sérum avec de l'eau, les fis bouillir après addition de quelques gouttes d'acide acétique, et ajoutai encore un peu d'acétate d'ammoniaque pour obtenir une coagulation complète. De cette manière, l'albumine se précipite entièrement et le liquide se filtre bien et en peu de temps. Le coagulum fut lavé deux fois avec de l'eau contenant de l'acide acétique, et le liquide filtré fut évaporé à sec. Le résidu fut brûlé à une faible chaleur rouge. Aux cendres mêlées de charbon on ajouta une quantité telle du mélange d'acétate de soude et d'acide acétique, que pour chaque 50 c. c. de la liqueur (qui avait été ramenée au volume primitif du sérum employé) il y eût 5 c. c. du mélange. Après échauffement, on sépara le charbon par filtration, et dans le liquide filtré on détermina l'acide phosphorique au moyen de l'acétate d'urane. De cette manière, on trouva exactement la même quantité d'acide phosphorique, aussi bien dans le sérum de vache ou de mouton, que dans celui de veau ou de cochon. 50 c. c. du liquide exigèrent 2,5 c. c. de la solution normale d'acétate d'urane, c'est-à-dire, que 1000 c. c. de sérum renfermaient 0,25 gramm. d'acide phosphorique ou 0,49 gramm. de phosphate de soude.

III. La fibrine considérée comme élément constitutif des corpuscules rouges du sang.

En mêlant le sang avec une solution de Cl Na d'environ 12 p. c., et le laissant couler ensuite goutte à goutte dans l'eau, M. van der Horst, à l'exemple de M. Denis, avait séparé une substance à l'état solide, qui provenait sans aucun doute des corpuscules rouges du sang. L'étude des propriétés de cette substance avait conduit M. van der Horst à la regarder comme composée essentiellement de matière albumineuse et comme se rapprochant le plus de la fibrine. Le sang de poulet lui en fournit la plus forte proportion, mais il obtint néanmoins la même séparation sous forme solide en opérant, de la manière indiquée, sur le sang de divers mammifères, par conséquent sur du sang à corpuscules dits sans noyaux.

Il était toutefois extrêmement difficile de recueillir la matière ainsi préparée: les pellicules qui la composaient étaient si délicates, qu'au moindre attouchement elles se détruisaient et qu'on n'en pouvait rassembler que de petites quantités.

Je cherchai donc une autre méthode, permettant de l'obtenir en proportion plus considérable. Nous avions déjà essayé plusieurs fois, M. van der Horst et moi, d'effectuer la séparation au moyen de l'eau seule: du sang de poulet avait été reçu, directement au sortir des vaisseaux, dans une grande quantité d'eau; mais jamais nous n'avions constaté l'apparition de la moindre trace de précipité. Plus tard, je répétai la même expérience avec du sang défibriné. Le sang, battu pendant 10 minutes avec un faisceau de fines baguettes de baleine, fut passé à travers un linge; ensuite, au lieu de le verser dans l'eau, on procéda d'une manière inverse, en ajoutant rapidement une grande quantité d'eau, environ 100 volumes, au sang défibriné. Immédiatement, il se forma dans toute la masse du liquide d'innombrables flocons, qui, entraînés par des bulles d'air adhérentes, montèrent tous à la surface, où ils se réunirent en une couche

gélatineuse, épaisse de 2 à 3 centimètres. Le tout fut porté sur un tamis fin, afin de laisser s'écouler la partie liquide. Il resta alors une masse gélatineuse, colorée en rouge clair, qui était moins consistante que l'albuminate de potasse, auquel elle ressemblait du reste beaucoup par l'aspect. Au moyen de lavages à l'eau, cette gelée se laissa décolorer complétement, mais non sans qu'il en résultât une grande perte de matière.

Les propriétés de cette substance étaient celles que M. van der Horst a déjà fait connaître dans sa Dissertation. Dans le chlorure de sodium elle se dissolvait lentement, en formant un liquide épais, mucilagineux; elle était soluble dans les alcalis, et pouvait être précipitée de cette solution sous forme de flocons.

Examinée sous le microscope, elle se présentait comme une masse granuleuse, mais d'ailleurs homogène. On n'y voyait aucune apparence de noyaux, mais l'impression qu'elle donnait était celle d'une agglomération de petites masses arrondies et granuleuses de protoplasma. Lorsque je la portai, dans une chambre humide, sous le microscope, et que j'y fis passer de l'acide carbonique, je vis la masse se contracter et devenir moins transparente à la lumière transmise, plus blanche à la lumière réfléchie.

En répétant l'expérience j'obtins le même résultat, mais la quantité de matière précipitée était moins considérable. Je pensai que peut-être le temps écoulé depuis l'évacuation du sang n'était pas sans influence, et, après éloignement de la fibrine, je laissai les corpuscules se déposer dans une solution de 3 p. c. Cl Na. Le liquide clair ayant été enlevé à l'aide d'une pipette, j'ajoutai de l'eau, et vis alors se reproduire le phénomène observé la première fois. La masse entière se changea en une gelée assez consistante, de même aspect que celle à laquelle avait donné lieu la forte dilution du sang, immédiatement après la défibrination.

Dans la dernière expérience j'avais employé beaucoup moins d'eau, et j'avais ajouté ce liquide lentement, par portions successives. J'essayai maintenant si, en opérant de cette manière sur le sang défibriné, je ne pourrais obtenir également une plus grande proportion de précipité. Effectivement, une quantité d'eau

moindre (environ 25 vol.), ajoutée lentement, amena une précipitation plus abondante que précédemment; mais, en répétant l'expérience, dans des conditions en apparence identiques, il arriva souvent aussi que le précipité se montrait de nouveau beaucoup plus réduit. Je ne puis assigner la raison de cette différence; je crois pourtant qu'elle ne dépend pas de divergences dans la composition du sang, mais seulement de circonstances accessoires. En tout cas, il suffira de répéter l'expérience quelques fois, pour se convaincre de l'exactitude du fait signalé.

Deux poulets me fournirent une quantité de matière suffisante pour trois déterminations du soufre. La matière fut lavée aussi bien que possible, puis séchée à 120°. Après l'avoir épuisée par l'alcool et l'éther, je la brûlai avec du nitre et du carbonate de soude, et déterminai l'acide sulfurique sous forme de sulfate de baryte. Je trouvai de cette manière:

1er Dosage:	0.3001 gr.	donnèrent	0.0258	SO_3	Ba O,	c.-à-d.	1,17 p. c. de soufre
2e "	0.1270 "	"	0.0314	"	"	"	1,00 " " "
3e "	0.2833 "	"	0.0210	"	"	"	1,01 " " "

Cette forte proportion de soufre tend à confirmer l'opinion qu'il s'agit ici d'une matière albumineuse passablement pure.

Avec du sang de mammifères je n'ai pas encore réussi à provoquer la précipitation par la méthode exposée. Une seule fois j'ai observé le phénomène, mais à un faible degré, sur du sang de chien.

Ce résultat est de nature à inspirer de la défiance. M. Denis en traitant le sang de l'homme, et M. van der Horst en opérant sur le sang de divers mammifères, ont bien, par le mélange avec une solution de sel et l'action subséquente de l'eau, séparé une matière à l'état solide; mais la quantité beaucoup plus considérable qu'on obtient avec le sang d'oiseau autorise la présomption que les noyaux contribuent aussi à la formation de la matière gélatineuse, et que par conséquent nous avons affaire, au moins pour le sang de poulet, à un mélange de deux substances.

J'ai déjà remarqué qu'on ne peut reconnaître aucune trace de noyaux dans la gelée telle qu'elle se sépare, tandis que ces noyaux

se voient très distinctement quand on traite le précipité par l'acide carbonique. Je commençai à douter de la préexistence d'un véritable noyau, même dans le corpuscule du sang des oiseaux, et ce doute se fortifia peu à peu, de sorte que je pris connaissance avec un vif intérêt du mémoire de M. Brücke sur la structure des corpuscules rouges du sang du Triton [1]. Par une voie toute différente, M. Brücke est arrivé également au résultat que, dans le sang des amphibies, à l'état normal, le noyau ne se montre pas tel qu'on l'a figuré d'après des corpuscules morts, mais qu'on doit se le représenter comme une production variable de forme et de position, et par conséquent contractile (zooïde), qui est unie à un disque poreux, incolore, et sans mouvement propre (œcoïde). Bien que les résultats de M. Brücke aient été négatifs quant à la présence de ces deux éléments (zooïde et œcoïde) dans le sang des mammifères, l'auteur pense pourtant qu'il n'y a pas entre les corpuscules à noyau et les corpuscules sans noyau une différence aussi tranchée qu'on l'admettait jusqu'ici.

L'étude que j'avais faite, comme on l'a vu plus haut, des propriétés des solutions de myosine et de fibrine, indiquait la voie à suivre pour acquérir une connaissance plus précise de la composition des corpuscules du sang des mammifères. On admet généralement que l'acide carbonique produit un précipité plus abondant dans le sang que dans le sérum. La partie de ce précipité, qui est soluble dans l'oxygène, serait de la paraglobuline, la partie insoluble serait le stroma des corpuscules. Plus d'une fois j'avais eu l'occasion de voir l'acide carbonique donner dans le sang un précipité très faible; mais à cette observation en succédait bientôt une autre qui présentait un résultat tout opposé. Lorsque j'étudiai, plus tard, le rapport quantitatif de la paraglobuline dans différentes espèces de sang, la légère coloration que je trouvai parfois au sérum m'engagea, comme il a été dit précédemment, à rechercher l'influence que l'addition d'une cer-

---

[1]) *Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. Wissenschaften*. T. LIX. pag. 79.

taine quantité de sang exerce sous le rapport en question, et je fus frappé de trouver qu'une pareille addition, dans le sérum de vache, augmente à peine la proportion de matière précipitée par l'acide carbonique et le sel marin, tandis que, dans les autres espèces de sérum, elle procure une augmentation évidente.

La matière colorante du sang, même en petite quantité, colore fortement, et les déterminations de l'albumine ne sont qu'approximativement exactes. Des recherches ultérieures me parurent donc nécessaires pour élucider la question, et je choisis pour cet examen, non plus le sérum mêlé de sang, mais le sang débarrassé aussi complétement que possible de sérum, tel qu'on l'obtient par l'expression du caillot. Cet examen donna, au moins pour le sang de vache, de veau et de cochon, dans lequel la proportion relative de caillot et de sérum était à peu près la même, des résultats inattendus. Le sang exprimé provenait de la même portion de sang dont le sérum avait déjà été soumis à un examen tout semblable. 5 c. c. de sang furent délayés dans 400 c. c. d'eau et traités par un excès d'acide carbonique. Le précipité étant déposé, le liquide clair fut enlevé à l'aide d'une pipette et filtré en premier lieu, parce que, à défaut de cette précaution, les pores du filtre s'obstruent promptement et le liquide cesse de couler. On trouva:

	Par CO_2	Par Cl Na	Ensemble.
Sang de vache N°. 21.	1,60	0,72	2,32
Le sérum avait donné.	0.83	1,15	1,88 [1]
Sang de veau N°. 24	2,06	0,38	2,44
Le sérum avait donné.	0.34	0.17	0,51
Sang de cochon N°. 26	2,12	0,64	2,76
Le sérum avait donné.	0.55	0.25	0,80
Sang de chien N°. 28.	2,78	0,68	3,46
Le sérum avait donné.	0.42	0.19	0,58
Sang de lapin N°. 25	2,06	1,76	3,82
Le sérum avait donné.	0.23	0,21	0,44
Sang de poulet N°. 31	3,00	1,20	4,20
Le sérum avait donné.	1.24	1,29	2,53

[1]) V. le tableau pag. 127.

En dépit de ce que le caillot renferme encore toujours une grande quantité de sérum et bien que l'albumine précipitable par CO_2 et Cl Na ne s'élève dans le sérum de veau qu'à ¼ environ de ce qu'elle est dans le sérum de vache, on voit que le précipité produit par CO_2 et Cl Na dans le sang de veau surpasse celui auquel donne lieu le sang de vache. La même chose s'observe pour le sang de cochon et, à un plus haut degré encore, pour les autres espèces de sang.

Il va sans dire, d'ailleurs, que les nombres sont seulement approximatifs. Le précipité formé par l'acide carbonique est coloré en rouge; il renferme par conséquent de l'hémoglobine, ce qui augmente la proportion. Mais cette circonstance pèse également sur toutes les espèces de sang.

D'un autre côté, le précipité dû à Cl Na peut contenir un peu d'albumine provenant de la décomposition de l'hémoglobine par l'acide carbonique; mais, 1° l'acide carbonique agit lentement et la décomposition ne peut avoir été qu'insignifiante, et 2°, eût-elle été plus considérable, l'accroissement qui en serait résulté dans le précipité aurait été le même pour toutes les espèces de sang.

On peut se demander toutefois si le chlorure de sodium précipite bien toute l'albumine dans les différentes espèces de sang. M. van der Horst, en versant du sang de poulet mélangé avec une solution de Cl Na à 12 p. c. dans une solution concentrée de sel marin, obtint un précipité persistant, tandis que lorsque du sang de mammifère était traité de la même manière, le précipité formé initialement paraissait se redissoudre peu à peu dans la solution saline concentrée. Pour notre objet, cette question a naturellement une plus grande importance.

J'ai déjà fait remarquer antérieurement, que les propriétés d'une solution albumineuse ne dépendent pas seulement de la *nature*, mais aussi de la *quantité* de la matière dissoute. Dans mes recherches quantitatives, j'ai acquis de plus en plus la conviction que la séparation de petites quantités d'albumine précipitable par Cl Na exige que la liqueur soit *complètement* saturée: alors seu-

lement l'albumine s'y dépose. Là est la raison pour laquelle, quand il s'agit de sang de mammifère, le précipité versé goutte à goutte, comme il a été dit, dans une solution concentrée de sel marin, se redissout. Si la liqueur est *complètement* saturée, la matière albumineuse se dépose. Le sang de lapin N°. 25 en fournit la preuve. Le filtre sur lequel on avait recueilli le précipité formé par l'acide carbonique, filtrait mal. Il fallut beaucoup de temps avant que le liquide se fût écoulé. Il en résulta manifestement qu'une partie du précipité fut entraîné dans la solution, et, par suite, le chlorure de sodium donna lieu à un précipité beaucoup plus abondant.

Le fait se trouva encore confirmé d'une autre manière. En étendant de 10 vol. d'eau du sang défibriné de vache, de veau et de cochon, et y faisant passer un courant d'acide carbonique, le précipité se déposait peu à peu. Lorsque le liquide clair était alors porté sur un filtre fin, il s'écoulait rapidement et parfaitement limpide. Or, dans ce liquide limpide, Cl Na produisait un précipité quand on opérait sur du sang de vache, et n'en donnait pas quand on traitait du sang de veau ou de cochon.

Je ne veux pas nier toutefois que, en présence d'une quantité plus ou moins grande d'alcali, un peu d'albumine ne puisse rester en solution même après saturation complète par le sel marin. J'ai vu, en effet, dans du sérum précipité par Cl Na, puis filtré, l'acide carbonique donner lieu à la formation d'un précipité, non pas immédiatement, mais peu à peu; ce précipité atteignit les proportions suivantes:

Sérum de vache N°. 21. . . . . 0,017 p. c.
„ „ veau „ 24. . . . . 0,004 „
„ „ chien „ 28. . . . . 0,006 „

Du reste le précipité, comme il vient d'être dit, n'apparaissait pas instantanément, mais d'une manière successive (probablement par suite d'une modification de l'albumine sous l'influence de l'acide), et, en second lieu, la quantité du précipité, même pour le sérum de vache, est extrêmement faible.

Je crois, en conséquence, que les erreurs dont les détermina-

tions quantitatives sont nécessairement affectées ont une valeur à peu près égale pour toutes les espèces de sang, et que ces déterminations fournissent une mesure relativement exacte pour les comparaisons à établir.

Mais, dira-t-on, l'acide carbonique précipite dans le sang, outre la paraglobuline, le stroma des corpuscules, et celui-ci ne se compose certainement pas de matière albumineuse. Je concède volontiers que le stroma n'est pas constitué uniquement par de la matière albumineuse; mais aussi, il n'est pas précipité en entier par l'acide carbonique. C'est ce qu'il est facile de démontrer. Comme nous connaissons la quantité du précipité auquel donne lieu l'acide carbonique, la détermination de la proportion de matières solides suffit pour nous convaincre que l'acide carbonique et le sel marin ne séparent qu'une partie du stroma, savoir la partie qui se compose de matière albumineuse. Quelque grande que puisse être la différence entre les diverses espèces de sang, par rapport à cet élément albumineux, la différence des proportions de matières solides est encore plus considérable. Cela ressort du tableau suivant :

	MATIÈRES SOLIDES.	
	Sérum.	Sang du caillot exprimé.
Vache . . .	9,04	19,32
	9,06	19,30
Veau	7,50	18,90
	7,50	19,06
Cochon. . .	9,86	29,60
	9,90	29,30
Chien. . . .	7,44	27,22
	7,34	28,33
Lapin. . . .	8,04	34,00
	8,10	33,65

Si le stroma était précipité en entier, on aurait donc dû trouver des chiffres bien plus élevés pour la quantité du précipité.

Nous avons par conséquent dans l'acide carbonique un excel-

lent moyen d'isoler la matière albumineuse du stroma. Quand on étend le sang de beaucoup d'eau, une grande partie de cette matière est précipitée par l'acide en question. Si alors on éloigne rapidement le liquide coloré, et qu'on le remplace à différentes reprises par de l'eau chargée d'acide carbonique, on obtient un résidu presque incolore, qui se dissout partiellement dans une solution étendue de sel marin, en donnant un liquide trouble, comme la fibrine et la myosine.

Ce liquide, tout comme les solutions des deux substances nommées en dernier lieu, ne peut être filtré sans se dépouiller d'une partie notable de la matière dissoute ou, si l'on veut, finement divisée. Celle-ci se comporte d'ailleurs, sous tous les rapports, comme les deux autres substances. Sa solution filtrée est précipitée par l'acide carbonique, et, après qu'on a enlevé le précipité, elle en donne un nouveau par le chlorure de sodium. La matière montre du reste les propriétés générales des corps albumineux.

La manière dont se comporte le sang de vache est digne de remarque. Tandis que son sérum laisse précipiter, sous l'influence de l'acide carbonique et du chlorure de sodium, une beaucoup plus grande quantité de matière albumineuse que les autres espèces de sérum que j'ai examinées, c'est tout le contraire qu'on observe pour le sang du caillot exprimé, c'est-à-dire pour les corpuscules. Ici, c'est précisément chez la vache qu'on trouve la proportion la plus faible.

Puisqu'il a été reconnu que les différences qui distinguent la globuline, l'albuminate de potasse, la fibrine et la myosine dépendent, non de la matière albumineuse elle-même, mais de substances étrangères mélangées, on serait tenté d'attribuer la différence entre le sérum de vache et celui d'autres animaux à ce que, dans le premier, par quelque cause inconnue, la fibrine du stroma se dissout en proportion plus forte, lors de la coagulation [1]).

---

[1]) En parcourant encore une fois la littérature relative à la séro-caséine et à

En tout cas, la différence que nous avons trouvée entre les corpuscules sanguins de la vache et ceux des autres animaux dont nous avons étudié le sang, donne l'explication de ce fait, que ce sont précisément les corpuscules de la vache qui, dans une solution saline étendue, se déposent moins complétement que tous les autres.

Les résultats de nos recherches concernant les principes constituants du stroma des corpuscules sanguins, sont donc les suivants:

1°. L'élément incolore des corpuscules sanguins se compose pour une plus ou moins grande partie, non-seulement chez les oiseaux, mais aussi chez les mammifères, d'une matière albumineuse, qui se rapproche le plus de la fibrine.

2°. Du sang défibriné d'oiseau cette matière peut être séparée, au moyen de l'eau, sous forme d'un corps gélatineux, semblable à l'albuminate de potasse.

3°. Du sang de mammifère elle peut être séparée à l'aide de l'acide carbonique et du chlorure de sodium.

4°. La proportion de cette matière est très différente dans les diverses espèces de sang.

---

la globuline, je fus frappé de trouver chez M. Heintz (*Lehrbuch der Zoochemie*. 1853, pag. 682) la critique suivante des vues de M. Panum: „M. Panum regarde le précipité qui se forme quand le sérum du sang, étendu d'environ 10 parties d'eau, est neutralisé par de l'acide acétique très dilué, comme de la caséine. Il est évident que cette opinion n'est pas suffisamment motivée. C'est probablement à la fibrine que sont dûs les phénomènes qui ont conduit M. Panum à admettre la présence de la caséine dans le sérum du sang. Le premier de ces corps se dissout, en effet, dans une solution de sel marin, et cette dissolution laisse précipiter la fibrine quand on l'étend. Or, comme le sang renferme du sel marin, une partie de cette matière proteinique doit nécessairement, lors de la coagulation, rester dissoute, et si l'on vient à étendre cette solution, c'est-à-dire le sérum, la fibrine doit se précipiter."

„Pour mettre hors de doute l'opinion, que la matière regardée par M. Panum comme de la caséine (c'est-à-dire comme la paraglobuline de la science actuelle) n'est autre chose que de la fibrine, il faudra, bien entendu, expérimenter d'abord sur des solutions de fibrine et de sel marin, et établir surtout que la matière qui se laisse précipiter de cette solution possède les mêmes propriétés que celle qu'on obtient avec le sérum du sang."

5°. Dans les corpuscules du sang de vache, dont le sérum renferme tant de globuline, la proportion est beaucoup plus faible que dans toutes les autres espèces de sang examinées.

6°. En accord avec cette différence, on trouve que le sang de vache fournit relativement moins de matière solide que le sang d'autres animaux, tandis que pour le sérum on observe tout le contraire.

IV. L'origine de la fibrine du sang

Puisqu'il a été constaté qu'on peut séparer du stroma des corpuscules du sang une matière semblable à la fibrine, la question se présente naturellement si la fibrine du sang elle-même ne proviendrait pas du stroma des corpuscules.

On ne veut pas donner à entendre par là que les corpuscules rouges fourniraient seuls la fibrine du sang. Le sang reçoit continuellement de la lymphe, et celle-ci se coagule comme le sang, quoique plus lentement. Il est donc évident que les corpuscules rouges ne peuvent être la source unique de la fibrine; il s'agit seulement de savoir si ces corpuscules contribuent à la formation de la fibrine.

Si la réponse à cette question pouvait être affirmative, un certain nombre de phénomènes, aujourd'hui incompréhensibles, trouveraient une explication. Il n'y aurait alors plus rien d'extraordinaire à ce que la détermination de la richesse en fibrine, dans une même classe animale et parfois chez une même espèce, donne des résultats si variables. Il n'y aurait plus lieu non plus d'être surpris de ce que, en pratiquant plusieurs saignées coup sur coup, le produit de la dernière fournit moins de fibrine que celui de la première, tandis qu'on constate tout le contraire lorsqu'on laisse écouler quelques jours entre la première et la deuxième saignée [1]). Beaucoup d'autres phénomènes encore, dont les

[1]) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, T. LVI, pag, 108.

idées actuelles sur l'origine de la fibrine ne rendent nullement compte, s'éclaireraient d'un jour tout nouveau. L'hypothèse en question ne serait d'ailleurs pas en contradiction avec les expériences de M. Schmidt, où du sang défibriné, introduit dans le cœur encore actif d'une tortue, se coagula ensuite pour la seconde fois, et où de l'eau, au contact d'un pareil cœur, se chargea de fibrinogène. Il est clair que ces expériences prouvent seulement que les tissus fournissent aussi de la fibrine, non que la fibrine du sang provient exclusivement des tissus.

De concert avec M. van der Horst, j'avais essayé mainte fois de provoquer une seconde coagulation, mais nous n'avions réussi qu'imparfaitement. Dans le sang de poulet seulement, nous avions vu, sous l'influence du phosphate de soude, se produire une seconde coagulation, partielle il est vrai, mais incontestable: dans d'autres espèces de sang, tout s'était borné à l'apparition de quelques filaments isolés. Ce résultat négatif ne constitue du reste pas un argument contre l'hypothèse que la fibrine soit fournie en partie par les corpuscules du sang. Si ces corpuscules ont perdu leur vitalité et si, par suite, comme dans d'autres organismes élémentaires, une partie plus ou moins considérable du contenu albumineux s'est coagulée, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'on ne réussise pas à obtenir une seconde coagulation. Nous aurons alors beau dissoudre cette matière dans des dissolutions salines, nous n'y verrons pas plus de coagulation que dans les solutions de myosine ou de quelque autre protoplasma coagulé, — pas plus que dans les solutions de la fibrine elle-même.

M. Brucke a montré, toutefois, qu'un des éléments du corpuscule sanguin du Triton (son zooïde) conserve longtemps ses propriétés vitales, et la même chose a été constatée par M. Rollett pour le stroma incolore d'autres corpuscules sanguins. Ce dernier observateur a vu les mêmes changements, que les corpuscules frais éprouvent sous l'influence de décharges électriques, se produire encore après que le sang avait été conservé pendant plusieurs mois. C'est précisément à cause de cette observation, qu'il n'a pas cru devoir ranger les corpuscules rouges du sang

parmi les éléments contractiles. Mais M. Brücke fait remarquer que des organismes inférieurs sont souvent plongés, par l'action des circonstances extérieures, dans un état de mort apparente, qui peut persister pendant longtemps. Il se demande si les corpuscules du sang ne pourraient se trouver dans le même cas. Parce que, dans les muscles, dans les corpuscules du tissu connectif et dans les corpuscules blancs du sang, la vie s'éteint promptement après la mort de l'organisme, est-ce une raison pour que les corpuscules rouges perdent leurs propriétés vitales avec la même rapidité?

L'opinion de M. Brücke m'a engagé à examiner la question de nouveau. Ainsi qu'il a été dit précédemment, M. van der Horst et moi, en saturant la solution saline dans laquelle le sang avait été reçu directement au sortir de la veine, avions vu s'élever des filaments qui, mêlés à des bulles d'air [1]), formaient à la surface une couche écumeuse et visqueuse. Tel avait été le point de départ de toutes nos recherches. „La quantité de cette matière'', écrivait M. van der Horst dans sa Dissertation, „était très variable. Pendant longtemps je n'ai pu m'expliquer à quoi sa formation était due. Je remarquai enfin que le liquide, avec quelque soin qu'il eût été séparé, tenait encore toujours en suspension une grande quantité d'éléments cellulaires, qui occasionnaient certainement, au moins en partie, l'opalescence du liquide. Nécessairement, une partie seulement de ces éléments pouvaient être des corpuscules rouges du sang, puisque le liquide était incolore; mais ils n'avaient pas non plus l'aspect des corpuscules blanc du sang. C'étaient, pour la plupart, des petits corps ratatinés, dans lesquels on ne pouvait distinguer aucun noyau.

---

[1]) M. van der Horst a déjà fait remarquer, dans sa Dissertation, que la séparation de la fibrine s'accompagne toujours d'un dégagement de gaz. M. Preyer (Pflüger's *Archiv. f. Physiologie*, 1868, pag. 409) a fait la même observation. Parlant de la fibrine qui se forme dans le liquide d'hydrocèle sous l'influence de l'hémoglobine impure, il dit: „à laquelle, pour le dire en passant, adhèrent constamment des bulles de gaz.

En laissant du sang se déposer dans une solution de sel, surtout quand on emploie une solution étendue, on peut, en général, très bien reconnaître les éléments qui existent encore dans le sang, outre les corpuscules rouges et blancs bien connus.

Or ce sont ces éléments cellulaires, qui constituent la couche superficielle. En filtrant le liquide plusieurs fois à travers du papier fin, on peut retenir ces éléments sur le filtre, et alors il ne se forme plus de couche écumeuse; mais il m'a paru que dans ce cas l'aptitude à se coaguler diminue beaucoup."

Voilà ce que M. van der Horst écrivait dans sa Dissertation. Nous avions bien souvent examiné au microscope les flocons insolubles qui se séparent quand on sature du plasma sanguin étendu de solution de sel marin, mais nous ne savions ce que pouvaient être les éléments qui les composent. Ce n'étaient, au moins quant à la masse principale, ni des corpuscules rouges, ni des corpuscules blancs. Nous n'osions pas y voir le stroma des corpuscules rouges, parce que le liquide ne contenait pas d'hémoglobine en quantité un peu notable, et qu'il paraissait en contradiction avec les expériences de M. Rollett d'admettre que le stroma pût être isolé sans que de l'hémoglobine passe dans le liquide.

Aujourd'hui je regarde comme très probable que nous avions affaire à ce que M. Brücke nomme le zooïde des corpuscules sanguins des mammifères, et que, non-seulement les flocons qu'on observe habituellement quand on sépare les corpuscules du sang au moyen d'une dissolution de sel, mais aussi la masse gélatineuse que l'on remarque au-dessus du dépôt des corpuscules rouges lorsque du sang défibriné est mélangé avec une solution de sel, et enfin les filaments qui restent ordinairement suspendus dans le liquide, doivent tous leur origine à la matière albumineuse incolore des corpuscules, qui, dans la solution saline, s'est gonflée et agglomérée en masses. Nous avons reconnu que la matière gélatineuse qui se sépare du sang d'oiseau, traité par

l'eau, se contracte sous l'influence de l'acide carbonique et devient moins soluble, et qu'il ne se forme plus de flocons quand du sang non défibriné est reçu dans une solution étendue de sel marin, saturée préalablement d'acide carbonique. Lorsqu'on dissout les corpuscules du sang dans l'eau, on obtient un liquide limpide, mais l'éther précipite de ce liquide une quantité beaucoup plus grande d'albumine ou, selon l'opinion de M. Hoppe-Seyler, de fibrine.

N'est-il pas très probable que, sous l'influence de l'acide carbonique, les corpuscules sont moins altérés par la solution saline, de sorte qu'ils retiennent une plus grande proportion de leur élément albumineux? M. Böttcher [1]), comme on sait, regardait les corpuscules sanguins des mammifères comme pourvus d'un noyau. Il avait observé que les corpuscules du lapin, conservés dans l'humeur aqueuse de l'œil, perdent leur matière colorante, et dans la masse incolore il avait vu s'opérer une séparation, par suite de laquelle apparaissait une vésicule à contours nettement accusés (le noyau), entourée d'un petit amas de protoplasma granuleux. MM. A. Schmidt en F. Schweigger-Seidel [2]) contestèrent, avec raison à mon avis, non pas l'observation de M. Böttcher, mais la conséquence qu'il en avait tirée. Si, dans le problème difficile de la structure des corpuscules sanguins, nous ne voulons pas donner lieu à une confusion d'idées et d'expressions, il est absolument nécessaire d'employer les termes qui répondent aux notions généralement admises. Or, la désignation appliquée par M. Böttcher ne satisfait pas à cette condition. Ce qu'il appelle noyau des corpuscules rouges ne possède pas les caractères que présentent les noyaux d'autres cellules. Les vésicules que M. Böttcher a observées peuvent être, tout aussi bien, l'élément incolore des corpuscules sanguins, qui s'est dégagé, tout en y demeurant adhérent, du reste du stroma. Il suffit alors que ce stroma se décolore, pour qu'on ait les appa

[1]) Virchow's *Archiv.*, T. XXXVI et XXXIX.

[2]) *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig*, 1868, pag. 184.

rences décrites par M. Böttcher. MM. Schweigger-Seidel et A. Schmidt arrivent également à ce résultat, que tous les phénomènes observés relativement à la structure des corpuscules sanguins, même chez les mammifères, se laissent expliquer quand on admet, avec M. Brücke, qu'il existe dans le stroma deux éléments (l'œcoïde et le zooïde), dont l'union est lâche et facile à détruire dans les circonstances ordinaires, mais devient plus intime et plus stable sous l'influence de divers agents.

M. Brücke fait aussi remarquer que l'espace clair qu'on voit au centre des corpuscules sanguins, et qui est ordinairement attribué à une dépression, pourrait bien être la partie centrale incolore du zooïde.

Il n'entre pas dans mon plan de m'engager ici plus avant dans la question compliquée de la structure microscopique des corpuscules sanguins, d'autant plus que je m'en suis peu occupé dans les derniers temps. Mais, en tout cas, on ne sera pas surpris que la communication de M. Brücke m'ait inspiré le désir d'essayer si une seconde coagulation ne pourrait être obtenue avec les corpuscules du sang. D'après M. Brücke, le zooïde des corpuscules de Triton conserve pendant longtemps ses propriétés vitales. Il serait possible que ces propriétés persistassent aussi chez les animaux à sang chaud, au moins pendant un certain temps, et à un degré suffisant pour que, après la séparation des corpuscules, le zooïde pût se dissoudre et se déposer ensuite sous forme solide.

J'avais déjà vu, avec M. van der Horst, que du sang de poulet défibriné, qui avait été échauffé à 45° avec du phosphate de soude, laissait précipiter une quantité considérable d'une matière gélatineuse, ne différant pas, par ses propriétés, de celle qui se forme dans du sang non défibriné; nous avions observé également que les corpuscules du sang de poulet, séparés par une solution de phosphate de soude, se réunissaient, dans une solution de chlorure de sodium à 5 p. c., en un coagulum qui se contractait comme un vrai caillot du sang.

Dès l'origine, cette expérience m'avait paru offrir une certaine

importance, et, depuis lors, sa valeur démonstrative n'a fait que croître à mes yeux; — mais, une seconde coagulation *plus complète* n'a pu être réalisée jusqu'ici. Malgré cela, je crois pouvoir fournir la preuve que la matière incolore du stroma des corpuscules sanguins (la fibrine) entre pour une part dans la fibrine qui se sépare lors de la coagulation du sang.

Le dosage de la fibrine demande toutefois beaucoup de circonspection. M. Mayer a fait voir que, même en laissant le sang s'écouler du vaisseau par un tube bifurqué, les portions de ce liquide ainsi soutirées au même instant ne contiennent pas toujours des quantités égales de fibrine. Des vingt déterminations exécutées, il y en avait neuf où ces quantités ne différaient pas, et ce résultat fut obtenu aussi bien en séparant la fibrine par le battage du sang, qu'en l'isolant par le lavage du caillot. Dans les onze autres déterminations il y avait une différence, qui parfois même était considérable.

A l'exemple de M. Mayer, je laissai le sang couler par un tube bifurqué dans deux flacons. Lorsque je voulais séparer la fibrine immédiatement, j'introduisais dans le flacon du gros plomb grenaillé, afin d'être à l'abri de la perte presque inévitable à laquelle donne lieu le battage. Dans l'un des flacons le sang restait à l'état de pureté, dans l'autre il se trouvait mélangé avec une certaine quantité d'une dissolution de phosphate de soude, contenant 27 p. c. de PO_5 2 NaO HO. Toutes les expériences furent faites, comme celles de M. Mayer, sur le chien: (Voy. tableau p. 52.)

Dans ces cinq déterminations primitives la proportion la plus forte de fibrine se trouve toujours du côté du phosphate de soude. Une fois (A), la différence n'est pas plus grande que celle que M. Mayer avait observée dans le sang de la même espèce animale; mais, ce cas unique mis à part, la plus petite des différences que j'obtins en ajoutant du phosphate de soude surpasse la plus grande (24 p. c.) de celles qui s'étaient présentées à M. Mayer dans une série de 18 déterminations. La différence moyenne que M. Mayer avait trouvée dans 11 déterminations, faites sur le même sang, est beaucoup plus faible (13 p. c.) que le

Quantité du sang, en grammes.	Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Différence.	Observations.
A. *a*. 30,7 sans mélange.......	0,067	0,218	21 p. c.	La fibrine avait été séparée en secouant le sang avec du plomb grenaillé.
A. *b*. 41,0 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,113	0,276		
B. *a*. 67,1 sans mélange.......	0,131	0,195	25 "	Idem.
B. *b*. 83,8 avec 3 c.c. phosph. sod.	0,220	0,262		
C. *a*. 63,5 sans mélange.......	0,098	0,154	28 "	Idem.
C. *b*. 31,3 avec 3 c.c. phosph. sod.	0,067	0,214		
D. *a*. 65,3 sans mélange.......	0,131	0,200	......	*a*. Séparée du caillot au bout de 12 heures.
D. *b*. 63,9 " "	0,134	0,209	......	*b*. Séparée en secouant.
E. *a*. 53,1 sans mélange.......	0,067	0,126	34 "	*a*. et *b*. Séparée en secouant avec du plomb grenaillé.
E. *b*. 55,5 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,107	0,192		
F. *a*. 54,1 sans mélange.......	0,042	0,077	50 "	*a*. et *b*. Séparée du caillot.
F. *b*. 55,6 avec 3 c.c. phosph. sod.	0,085	0,154		

minimum auquel conduisirent mes propres recherches (21 p. c.); et, pour ne pas parler du maximum, la différence moyenne dans mes 5 déterminations (31 p. c.) est beaucoup plus forte que la différence la plus considérable qu'on remarque parmi les 18 déterminations de M. Mayer.

Je ne tardai pas à me convaincre toutefois, que, même en recueillant le sang par un tube bifurqué, on n'obtient pas ce liquide avec une composition constante. Surtout lorsqu'on opère sur de petits animaux, ce n'est que dans les premiers instants que le jet possède une régularité et une force suffisantes pour donner lieu à un écoulement à peu près égal par les deux branches du tube; à peine quelques centimètres cubes ont-ils été évacués, que le jet devient irrégulier, et bientôt on voit une des branches, suivant la position du tube, débiter plus de sang que l'autre.

Les nombres donnés par M. Mayer prouvent que la même chose a eu lieu dans ses expériences. Dans sa détermination IV, par exemple, l'une des branches a fourni 125 grammes, l'autre 58 grammes, et il est à remarquer que, pour une même méthode

de dosage de la fibrine (par lavage du caillot), les expériences qui donnèrent les plus grandes différences dans la proportion de fibrine (expériences I, III et IV de M. Mayer) furent précisément celles où les quantités de sang recueillies par les deux branches montraient l'écart le plus considérable.

Dans mes déterminations A, B et C les quantités furent de même inégales. Dans les déterminations D, E et F, je réglai chaque fois la position des deux branches de telle sorte qu'elles débitassent des quantités de sang à peu près égales, ou que, lorsque le jet perdait trop de sa force, le sang s'écoulât alternativement par l'une et par l'autre branche, afin qu'il conservât des deux côtés, autant que posible, une même composition. Par cette précaution la signification de mes résultats s'accrut notablement. Ce furent précisément les déterminations E et F qui montrèrent la plus forte augmentation de la quantité de fibrine dans le sang mélangé de phosphate de soude.

Dans une seconde série d'expériences j'observai la même précaution, mais je ne réussis pas à obtenir des quantités de sang égales. Je trouvai :

Quantité du sang, en grammes.		Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Observations.
G.	*a*. 45,8 sans mélange	0,084	0,183	Séparée du caillot, dans les deux cas.
	b. 67,7 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,126	0,186	
H.	*a*. 60,2 sans mélange	0,162	0,269	Séparée, dans les deux cas, en secouant le sang avec du plomb grenaillé.
	b. 80,2 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,276	0,344	
I.	*a*. 49,5 sans mélange	0,081	0,163	Séparée du caillot, dans les deux cas.
	b. 53,6 avec 5 c.c. phosph. sod.	0,079	0,147	

Dans la détermination H, la proportion de fibrine donnée par le sang mélangé de phosphate de soude surpasse de nouveau de 27 p. c. celle du sang pur de tout mélange; mais dans la détermination G il n'y a pas de différence, et dans la détermination H le résultat est même négatif. Des l'abord pourtant je n'ai

attaché que peu d'importance à ce résultat négatif, parce que dans l'expérience qui s'y rapportait le sang avait coulé très irrégulièrement dans les deux flacons, de sorte que je n'étais nullement certain d'avoir réellement employé du sang de composition identique.

Les grands écarts trouvés par M. Mayer doivent, sans aucun doute, être attribués en partie à la même cause. Lorsqu'on prend deux portions du *même* sang, et qu'on en sépare la fibrine *de la même manière*, on ne trouve pas d'écarts aussi considérables. Pour être bien sûr que j'expérimentais sur du sang de composition égale, je recueillis le sang, qui se déchargeait par les vaisseaux du cou, dans une capsule, le mélangeai à la main, et l'introduisis ensuite dans des flacons tarés, préparés d'avance. Après que le caillot qui se formait s'était bien contracté, on le lavait dans une fine toile de lin, et le résidu de fibrine était séché à 120°, puis pesé. On trouva ainsi :

Quantité de sang, en grammes.		Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Différence maximum.
K. Vache...	*a.* 138,8.......	0,670	0,48	12 p. c.
	b. 138,2.......	0,679	0,49	
	c. 114,2.......	0,633	0,55	
	d. 150,2.......	0,798	0,53	
L. Chèvre...	*a.* 72,6.......	0,360	0,49	12 p. c.
	b. 63,1.......	0,359	0,56	
M. Chien...	*a.* 54,8.......	0,252	0,45	4 p. c.
	b. 48,0.......	0,211	0,43	

L'expérience fut ensuite répétée de la même manière, mais avec addition de phosphate de soude, sur du sang de lapin et du sang de chien. En voici les résultats : (Voy. tableau p. 151).

Chez le lapin, comme on voit, il s'était de nouveau manifesté une différence assez considérable à l'avantage du phosphate de soude, mais chez le chien on ne constata pas la moindre différence. Il est vrai que dans ce dernier cas la proportion de fibrine

Quantité de sang, en grammes.		Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Différence.
N. Lapin..	*a.* 20,2 sans mélange	0,065	0,32	18 p. c.
	b. 23,5 avec 3 c. c. phosph. sod ...	0,092	0,39	
O. Chien...	*a.* 54,8 sans mélange	0,252	0,45	Pas de différence.
	b. 48,0 〃 〃	0,211	0,43	
	c. 48,1 avec 5 c. c. phosph. sod...	0,224	0,43	
	d. 61,6 〃 3 〃 〃 〃 ...	0,271	0,43	

contenue dans le sang était beaucoup plus grande que dans mes cinq premières déterminations, et que je n'avais employé qu'une quantité relativement faible de phosphate de soude. J'avais en effet remarqué, dans des expériences antérieures, que de grandes quantités de phosphate de soude (pour une petite proportion de fibrine) ont pour effet que la fibrine se sépare à un état de si grande division, que sa détermination devient impossible; par ce motif, je n'avais ajouté, en dernier lieu, que fort peu de phosphate de soude. Dans mes premières déterminations, l'augmentation la plus considérable due au phosphate de soude (100 p. c.) avait été obtenue par l'addition de 5 c. c. de la solution de ce sel à 50 c. c. de sang; mais la proportion de fibrine était, dans ce cas, 6 fois plus petite que dans le sang examiné en dernier lieu. Il se peut donc que pour celui-ci la dose de phosphate de soude ait été trop faible.

En conséquence, je répétai encore une fois l'expérience, en employant des quantités différentes de phosphate de soude, et comme l'action de ce sel sur les corpuscules sanguins doit nécessairement être plus forte quand on agite le liquide que lorsqu'on le laisse en repos, j'opérai de nouveau la séparation de la fibrine par l'agitation avec de la grenaille de plomb, mais en faisant simultanément un dosage au moyen du caillot. Pour égaliser d'ailleurs les conditions autant que possible, j'ajoutai à l'une des dissolutions autant de c. c. d'eau que l'autre avait reçu de c. c. de phosphate de soude. J'obtins ainsi:

	Quantité de sang, en grammes.	Fibrine, en grammes.	Fibrine, en p. c.	Observations.
P.	*a.* 69,0 avec 5 c. c. d'eau......	0,119	0,17	*a.* Séparée par le lavage du caillot.
	b. 68.5 〃 5 〃 〃	0,169	0,24	
	c. 66,2 〃 5 〃 phosph. sod..	0,169	0,25	*b. c. d.* et *e.* Séparée en secouant avec de la grenaille de plomb.
	d. 70,1 〃 10 〃 d'eau.......	0,179	0,25	
	e. 67,3 〃 10 〃 phosph. sod..	0,380	0,56	

L'expérience montre, avec évidence, que l'agitation avec la grenaille donne plus de fibrine que n'en fournit le lavage du caillot formé tranquillement. Cela résultait aussi déjà des déterminations G et H. La quantité de fibrine accuse toujours une dimunition dans les portions de sang recueillies successivement, quand on détermine la fibrine de la même manière. Ici, la détermination G, relative au sang écoulé en premier lieu, donna moins de fibrine que la détermination H du sang recueilli postérieurement. Mais, dans l'expérience G la fibrine avait été obtenue par le lavage du caillot, dans l'expérience H par l'agitation avec de la grenaille, et c'est là, manifestement, la cause de la différence. Dans l'expérience P, en effet, nous voyons exactement la même chose: en *a*, où la fibrine fut déterminée par le lavage du caillot, nous trouvons 0,17 p. c. de fibrine, tandis que le même sang en fournit 0,24 p. c. par l'agitation avec la grenaille.

L'addition d'eau paraît également ne pas être dépourvue de toute influence.

Mais ce qui a pour nous le plus d'intérêt, c'est de voir que l'augmentation de la proportion de fibrine, restée pour le moins douteuse en *c*, après l'addition de 5 c. c. de phosphate de soude, est devenue en *e*, après l'addition de 10 c. c. de phosphate de soude, si considérable que nous obtenons une quantité plus que double de fibrine en opérant tout à fait sur le même sang. Ce résultat est, à mon avis, décisif.

Il y a, toutefois, encore un autre moyen de prouver que la fibrine doit provenir en partie des corpuscules du sang. J'ai déjà fait remarquer précédemment, que la quantité de fibrine qu'on obtient en recevant le sang dans une solution étendue de sel marin, et séparant la fibrine du plasma ainsi dilué, est beaucoup plus faible que celle qu'on retire directement du sang. Parfois — et même assez souvent — la matière albumineuse reçue dans cette solution de sel ne montre pas trace de coagulation spontanée. D'après cela, j'essayai si je ne pourrais établir aussi quantitativement, par voie d'exclusion, que la fibrine doit provenir en partie des corpuscules du sang.

Une partie du sang de chien de l'expérience M fut mêlée, avant la coagulation, avec une solution de chlorure de sodium à 4 p. c. Lorsque les corpuscules se furent bien déposés, on enleva le liquide, sans aucun mélange de sang, et on le sépara en deux portions. Dans l'une de ces portions on détermina la matière précipitable par Cl Na; elle s'élevait à 0,59 p. c. Dans le sérum du même sang Cl Na précipita 0,48 p. c. d'albumine.

Bien qu'une solution de 4 p. c. Cl Na dissolve indubitablement une certaine quantité de la matière albumineuse des corpuscules sanguins, — après un second traitement des corpuscules je trouvai dans le liquide 0,25 p. c. de matière précipitable par Cl Na, — on voit que le plasma étendu de solution de chlorure de sodium à 4 p. c. renferme une quantité de matière inférieure à la somme de la fibrine et de la globuline du sérum. En effet, la détermination la plus faible a donné 0,43 p. c. pour la fibrine de ce sang, et dans le sérum Cl Na a précipité 0,48 p. c. de globuline, tandis que le plasma ne contient en tout que 0,59 p. c. de matière albumineuse. Si le déficit n'avait été comblé par les corpuscules du sang, d'où l'albumine serait-elle donc provenue ?

On observe la même chose, et d'une manière encore plus frappante, avec le sang de poulet. Dans ce sang, la fibrine n'est pas facile à déterminer, parce que l'addition de l'eau donne lieu à la formation d'une masse gélatineuse, qui passe à travers le linge quand on l'exprime. Si l'on secoue le sang avec de la gre-

naille et qu'on sépare alors, par une légère pression, le sang mêlé d'eau, il reste encore toujours une masse gélatineuse sur le linge; mais, en reportant celle-ci dans le flacon et secouant de nouveau, on parvient assez bien à retenir la matière albumineuse qui y existe à l'état insoluble. Je trouvai ainsi dans le sang de poulet une proportion de fibrine de 5,52 p. c. Ce chiffre est déjà éloquent par lui-même, mais la preuve devient encore plus concluante quand on sait que le même sang, reçu dans une solution de Cl Na à 4 p. c., ne donne que 2,44 p. c. d'albumine précipitable par Cl Na. Où est la source des autres 3,08 p. c. de matière albumineuse, si ce n'est pas le stroma (zooïde) des corpuscules du sang qui les fournit?

Combien est peut-être faible la quantité de cette matière précipitable par Cl Na qui existe dans le plasma pendant l'état de vie!

Nos résultats quant à la fibrine du sang sont donc les suivants:

1°. La quantité de fibrine qu'on retire du même sang, par le même traitement, présente, comme conséquence naturelle de l'imperfection du procédé de séparation (à l'aide d'un linge), des différences, qui toutefois sont moins grandes que M. Mayer ne l'avait cru.

2°. Par le battage du sang on trouve, *cæteris paribus*, une proportion de fibrine plus forte que par le lavage du caillot.

3°. Les différences deviennent, toutefois, beaucoup plus grandes que M. Mayer lui-même ne les avait trouvées, quand on mélange le sang, avant sa coagulation, avec une certaine quantité de phosphate de soude, et qu'on le secoue ensuite.

4°. Dans le plasma du chien, la quantité de fibrine, ou des substances-mères de la fibrine, est certainement beaucoup plus petite que la quantité de matière fibrineuse et de globuline que le sang fournit.

5°. Dans le sang du poulet, la quantité de fibrine qu'on obtient est, à elle seule, beaucoup plus grande que la quantité de matière fibrinogène qu'on peut séparer du plasma étendu d'une solution de sel à 4 p.c.

6°. La matière albumineuse du stroma (zooïde) des corpuscules sanguins contribue par conséquent, sans aucun doute, à la formation de la fibrine.

SUR UN

APPAREIL ENREGISTREUR UNIVERSEL,

PAR

A. HEYNSIUS.

(V. planche II.)

L'ancien kymographion de Keinath et celui qui a été imaginé postérieurement par Sauerwald, dans leur construction primitive, ne sont appropriés l'un et l'autre qu'à l'enregistration de la pression du sang. Le cylindre de ces instruments est d'abord trop petit pour un appareil enregistreur universel, et ensuite il ne peut tourner que dans un seul plan horizontal, de sorte que tous les autres appareils doivent être déplacés dès que le cylindre a accompli une rotation.

Pour obvier à ces inconvénients, mon collègue M. Donders avait apporté, il y a déjà bien des années, différentes modifications au kymographion primitif de Keinath; le cylindre avait été considérablement agrandi, et il descendait lentement pendant que s'opérait son mouvement de rotation. De commun accord avec M. Donders, je chargeai M. Olland, d'Utrecht, de me construire un appareil enregistreur muni d'un cylindre de dimensions suffisantes, et combiné de telle sorte que non-seulement le cylindre pût, à volonté, tourner dans un même plan horizontal ou descendre pendant qu'il tournait, mais aussi que la vitesse de rotation du cylindre et la quantité dont il descendait à chaque tour pussent être augmentées ou diminuées.

L'appareil fourni par M. Olland est figuré dans son ensemble sur la planche II.

Sur le pied en fer, assez massif, qui porte tout l'appareil, se trouvent une série de roues qui communiquent le mouvement de rotation au cylindre *a*. Ce cylindre, qui a une hauteur de 25 et une circonférence de 59,5 centimètres (tout juste les dimensions nécessaires pour qu'une demi-feuille de papier satiné ordinaire s'applique en entier sur le cylindre et le recouvre complétement) peut s'élever et s'abaisser, dans un même plan vertical, le long d'une rainure pratiquée sur l'axe *b*, et être fixé en chaque point de cet axe par la vis de pression *c*.

Au-dessous du cylindre *a* se trouve un support *d*, sur lequel le cylindre repose quand la vis de pression *c*, desserrée, ne le fixe pas sur l'axe *b*. Le contre-poids *e* fait équilibre au cylindre. Le support descend le long de la tige *f*, lorsque le corde *g*, à laquelle il est suspendu, ne s'y oppose pas. Au-dessous du cylindre le support se divise en deux bras, qui embrassent un anneau existant à la base du cylindre. Ces bras, de même que la tige du support, sont munis de galets *h*, *h'*, *h''*, disposés de manière à faciliter la rotation du cylindre sur le support.

Pour que la descente du support et du cylindre se fasse régulièrement, la première roue *i*, — qui est pourvue d'un tambour à rainures, destiné à recevoir la corde à laquelle est suspendu le poids *k* qui met tout le mécanisme en mouvement, — engrène non-seulement avec le pignon *l* qui fait tourner le cylindre, mais aussi avec la roue *m*. L'axe de cette roue est garni d'une broche carrée sur laquelle s'adaptent des petites bobines en cuivre de différents diamètres. Sur ces bobines s'enroule la corde *g*, dont l'autre extrémité, passant sur les poulies *o* et *o'*, soutient le support *d*. En même temps que le cylindre tourne, la corde se déroule de la bobine *n*, le support et par suite le cylindre descendent par leur propre poids, et d'autant plus que la corde se déroule davantage, d'autant plus, par conséquent, que la bobine a un plus grand diamètre. — Lorsque le cylindre est parvenu de cette manière au bas de sa course, on peut le faire remon-

ter, avec son support, en tournant en sens contraire, à l'aide de la poignée p, l'axe de la bobine, lequel est pourvu d'une roue à rochet.

Quand le cylindre est arrêté en l'un ou l'autre point de l'axe b, le bras q, qui peut être fixé au haut de cet axe, donne le moyen de ne faire exécuter, chaque fois, qu'une seule rotation au cylindre. A cet effet, ce bras est armé d'un ressort qui tend à abaisser une goupille, laquelle, vers la fin de la rotation, remonte le plan incliné r, à l'extrémité duquel elle tombe dans une rainure. L'une des parois de cette rainure, celle qui empêche la continuation du mouvement, est attachée à un ressort, lequel permet de la retirer par une traction exercée sur un petit crochet, ce qui donne au cylindre l'occasion de commencer un second tour. On peut aussi relever la goupille du bras q et la mettre ainsi tout à fait hors de jeu.

Pour empêcher que le mécanisme ne soit endommagé lorsque le cylindre est brusquement arrêté dans sa marche par la chute de la goupille dans sa rainure, le pivot de la roue à laquelle est attaché le pendule conique est embrassé par un petit tube, ajusté à frottement assez dur pour ne se mouvoir qu'avec peine sur le pivot. Ce tube porte une fourchette en cuivre qui met le pendule en mouvement. Au moment où la chute de la goupille enraie subitement les rouages, le pendule continue encore à se mouvoir, en faisant tourner la pièce en cuivre sur son pivot, ce qui a pour effet de prévenir toute détérioration. En outre, dans ces circonstances, le pendule retombe bientôt contre la petite table s, qui contribue à éteindre son mouvement.

Pour que le cylindre puisse prendre différentes vitesses angulaires, l'appareil est disposé de telle sorte que le pendule peut être fixé, soit au pivot de la roue t, soit à celui de la roue t'.

Lorsque le pendule est suspendu, comme dans la figure, au pivot de la roue t, le pignon u, qui a 15 dents, engrène avec la roue t', qui en a 45. Pendant que la roue t' fait un tour, le pendule exécute donc trois révolutions.

Lorsque, au contraire, le pendule est attaché au pivot de la roue *t'*, cette roue tourne, naturellement, avec la même vitesse que le pendule.

La roue *t'* peut, à volonté, être mise en contact avec *l'* ou avec *l'*, ces deux roues étant susceptibles d'être déplacées sur l'axe du cylindre. La roue *l''* possède 45 dents, c'est-à-dire autant que la roue *t'*. Lors donc que *l''* engrène avec la roue *t'*, le cylindre se meut avec la même vitesse angulaire que le pendule ou trois fois plus lentement, suivant que ce pendule est suspendu à *t'* ou à *t*.

Mais si l'on abaisse la roue *l'* sur l'axe du cylindre, et qu'on mette la roue *l'*, qui est plus grande, en contact avec le pignon *u* porté sur l'axe de la roue *t'*, le mouvement est considérablement ralenti. La grande roue compte 72 dents, la petite, 12. Pour que le cylindre fasse un tour, le pignon doit par conséquent en faire six, et ce mouvement peut encore être réduit au tiers en fixant le pendule non à *t'*, mais, comme dans la figure, à *t*.

Nous obtenons de cette manière, avec une longueur déterminée du pendule, quatre vitesses de rotation, qui sont entre elles comme 1, 3, 6 et 18. Or l'appareil est pourvu de deux pendules, de longueur différente (80 et 60 centimètres), ce qui nous met en état de réaliser huit vitesses différentes. Avec la plus petite de ces vitesses le cylindre exécute une rotation dans environ une demi-minute, avec la plus grande, dans un peu plus de une seconde.

Pour assurer la marche régulière du mécanisme, avec ces diverses vitesses, le poids moteur *k* doit, naturellement, pouvoir être renforcé ou allégé. A cet effet, il se compose de disques en plomb superposés, dont le nombre peut être augmenté ou diminué, suivant les besoins.

Tout l'appareil, y compris le cylindre, peut encore basculer autour de l'axe *v* et se placer horizontalement; pour cela il suffit de retirer la clavette *x*, qui le maintient dans la position verticale figurée. Le mouvement ne peut plus alors être imprimé aux rouages par le poids *k*, mais on fait tourner le cylindre à la

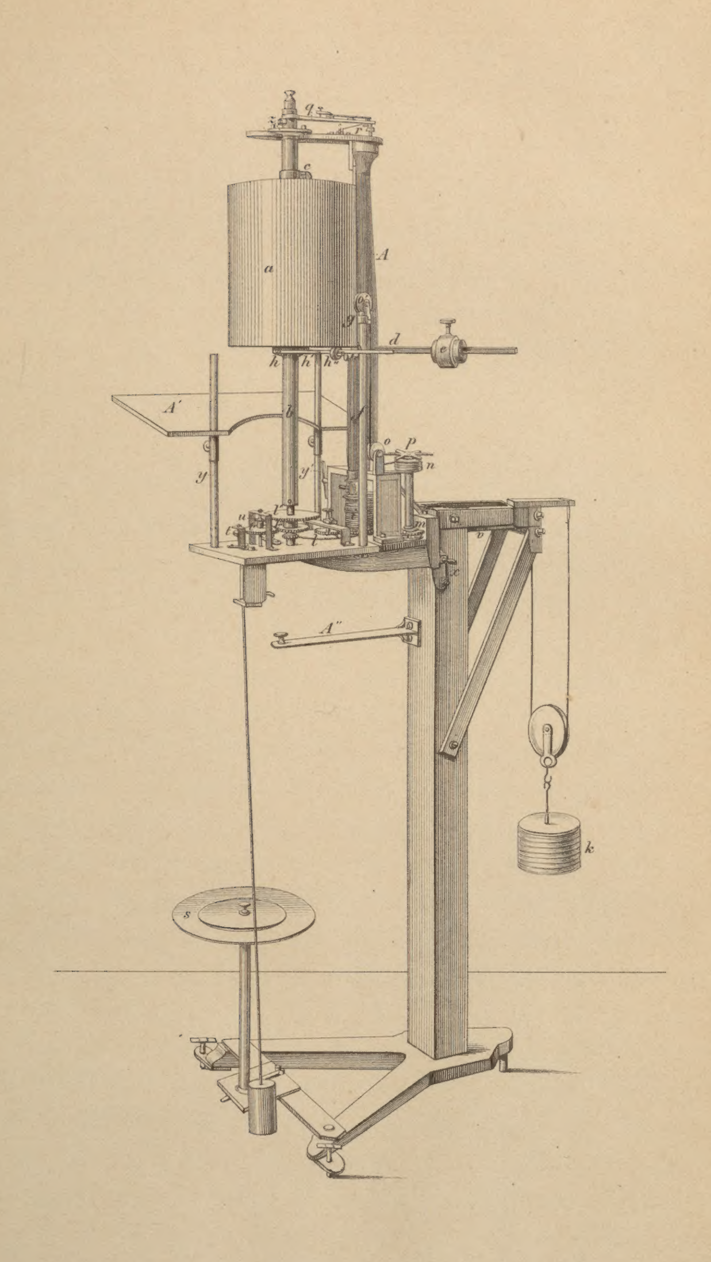
main, à l'aide d'une manivelle. Dans cette nouvelle position, la progression régulière du cylindre le long de son axe est obtenue au moyen de quatre spirales ou portions de vis, de pas différent, qui peuvent être vissées au haut du cylindre, et dont le filet s'engage entre les dents d'une crémaillère, qui se trouve en avant de la colonne A, mais qui a été omise dans la figure pour ne pas nuire à la clarté.

On voit encore devant l'appareil enregistreur une planchette A′, mobile sur deux tiges en fer y et y', et un bras A″ servant à maintenir un manomètre.

Enfin l'étrier en fer z peut être dévissé, ce qui permet d'enlever le cylindre avec son axe, quand on veut le recouvrir du papier satiné, noirci à la fumée d'une lampe au pétrole, ou détacher la feuille après qu'elle a reçu le tracé des mouvements étudiés.

Le résultat de mon expérience est que cet appareil répond suffisamment au but qu'on a cherché à atteindre. L'emploi du pendule conique offre quelques inconvénients. Quand on ne soigne pas que l'axe de son mouvement soit bien vertical, et que ce mouvement lui-même soit parfaitement circulaire, le cylindre, naturellement, ne se meut plus d'une manière uniforme, mais avec des vitesses variables. Il est difficile aussi de trouver la charge convenable du poids k, et, lorsqu'il est trop lourd, le mouvement, on le conçoit, s'accélère peu à peu. Mais depuis que, dans toutes les expériences de ce genre, j'utilise un diapason, dont les vibrations, en nombre connu, s'inscrivent simultanément sur le cylindre et servent de base aux déterminations chronométriques, ce défaut n'a plus aucun inconvénient réel.

Pl. II.



A. J. Wendel. grav.